Hans Reichenbach

Moderna filosofía de la ciencia

ESTRUCTURA Y FUNCION

EDITORIAL TECNOS, S. A. - MADRID

ESTRUCTURA Y FUNCION

EL PORVENIR ACTUAL DE LA CIENCIA

COLECCIÓN DIRIGIDA POR

ENRIQUE TIERNO GALVAN

Quentin Gibson.—LA LOGICA DE LA INVESTIGACION SOCIAL (2.ª edición).
Ashley Montagu.—LA DIRECCION DEL DESARROLLO HUMANO.
Gustav Bergmann.—FILOSOFIA DE LA CIENCIA.
Christian Bay.—LA ESTRUCTURA DE LA LIBERTAD.
Ernest Nagel.—LA LOGICA SIN METAFISICA.
David Hilbert y Wilhelm Ackerman.—ELEMENTOS DE LOGICA TEORICA.
Vernon Van Dyke.—CIENCIA POLITICA: UN ANALISIS FILOSOFICO.
Karl R. Popper.—LA LOGICA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA.
R. M. Martin.—VERDAD Y DENOTACION.
Ernest Gellner.—PALABRAS Y COSAS.
C. D. Broad.—EL PENSAMIENTO CIENTIFICO.
John Hospers.—LA CONDUCTA HUMANA.
Arthur Pap.—TEORIA ANALITICA DEL CONOCIMIENTO.
T. C. Schelling.—LA ESTRATEGIA DEL CONFLICTO.
Richard B. Braithwaite.—LA EXPLICACION CIENTIFICA.
Milic Capek.—EL IMPACTO FILOSOFICO DE LA FISICA CONTEMPORANEA.
William R. Ashby.—PROYECTO PARA UN CEREBRO.

EN PREPARACIÓN

George Polya.—MATEMATICAS Y RAZONAMIENTO PLAUSIBLE.
James R. Neumann y Ernest Nagel.—LA PRUEBA DE GÖDEL (The Goedel's Proof).
Ernest Nagel.—RAZON SOBERANA.
Jean Ladrière.—LAS LIMITACIONES INTERNAS DE LOS FORMALISMOS.
Curry y Feys.—LOGICA COMBINATORIA.
Ludwig Wittgenstein.—LOS LIBROS AZUL Y PARDO.

Moderna filosofía de la ciencia

HANS REICHENBACH

Moderna filosofía de la ciencia

(Ensayos escogidos)

Preparados por
MARIA REICHENBACH

Prólogo de
RUDOLF CARNAP

ESTRUCTURA Y FUNCION

EDITORIAL TECNOS, S. A. - MADRID

Los derechos para la versión castellana de la obra
MODERN PHILOSOPHY OF SCIENCE
publicada por *Routledge and Kegan Paul Ltd.*, de Londres,
son propiedad de EDITORIAL TECNOS, S. A.

Traducción por
ALFONSO CARLOS FRANCOLI PALOMO

© EDITORIAL TECNOS, S. A., 1965
Calle O'Donnell, 27, 1.º izq.—Teléf. 225 61 92 — MADRID (9)

Depósito legal: M. 14.439-1965
Número de Registro: 4436-64

SUCESORES DE RIVADENEYRA, S. A.—PASEO DE ONÉSIMO REDONDO, 26.—MADRID-8

Indice

		Págs.
	Nota	9
	Prólogo, por Rudolf Carnap	11
I.	Estado actual de la discusión sobre la relatividad	13
II.	La teoría del movimiento, según Newton, Leibnitz y Huygens	63
III.	Causalidad y probabilidad	87
IV.	Fines y métodos de la filosofía de la naturaleza moderna	101
V.	El principio de causalidad y la posibilidad de su confirmación empírica	135
VI.	Racionalismo y empirismo: investigación sobre las raíces del error filosófico	165
VII.	La libertad de la voluntad	183
VIII.	Sobre la explicación de los juicios éticos	233
	Bibliografía de las obras de Hans Reichenbach	241
	Indice de conceptos y onomástico	253

Nota preliminar

Cada ensayo de este volumen va precedido de una breve nota editorial relativa a su contenido y a las razones para incluirlo en la selección. Las notas al pie que he añadido se distinguen de las originales por ir entre paréntesis.

Los manuscritos de los dos ensayos póstumos fueron leídos por el doctor Wesley C. Salmon y el profesor Adolf Grünbaum. Quiero agradecerles aquí a ambos sus valiosos consejos y sugerencias.

Estoy muy agradecida a mis amigas Marciaruth Johnston, Verónica Karp y Ruth Anna Mathers, quienes me ayudaron a editar aquellos ensayos que no habían sido publicados anteriormente y contribuyeron a la redacción final del manuscrito durante muchos meses de paciente colaboración.

MARÍA REICHENBACH

Los Angeles, julio de 1958.

Prólogo

HANS REICHENBACH *(1891-1953) fue uno de los fundadores del movimiento de la filosofía científica, o empirismo lógico, y uno de sus más rigurosos y fecundos representantes. En el ensayo cuarto de este libro Reichenbach ha descrito claramente los fines y métodos de esta nueva forma de filosofía, que se caracteriza por su estrecha relación con el trabajo científico. En contraste con la filosofía tradicional, que arranca de la intuición pura o de la razón pura, el empirismo toma como punto de partida la imagen del mundo según resulta de la investigación científica y la somete a un análisis cuidadoso; se esfuerza en descubrir las características principales del método científico mediante un análisis lógico de las hipótesis, observaciones y convenciones que entran en la construcción de una teoría científica. Los empiristas consideran que este análisis de la ciencia constituye, más que la introspección pura, el mejor camino para lograr una comprensión clara del conocimiento. El conocimiento científico no se concibe de modo fundamentalmente distinto al conocimiento cotidiano, sino simplemente como un desarrollo más profundo del mismo, en una forma más sistemática.*

La filosofía científica concebida de esta manera no conduce a un grandioso sistema especulativo, sino a detalladas clasificaciones. La construcción de sistemas de gran importancia constituye el incitante objetivo del filósofo científico. Ahora bien, en filosofía, como en cualquier otra ciencia, tales construcciones sólo pueden llevarse a cabo después de haber resuelto un gran número de problemas de menor alcance, normalmente gracias al trabajo laborioso de muchos pensadores.

Los ensayos aquí recogidos ilustran bien el método de filosofía que acabamos de describir. Nos permiten ver a un filósofo en su trabajo durante varios períodos de su vida. Los dos primeros ensayos analizan algunas concepciones básicas de la física de Einstein y de Newton. Los ensayos tercero y quinto tratan del problema de la causalidad, que encuentra su expresión más exacta en la física, pero que es fundamental

en todas las ciencias empíricas. Los ensayos cuarto y sexto son más generales: caracterizan el nuevo método de filosofía y el lugar de la razón y la experiencia en el proceso de adquirir el conocimiento. Los dos últimos ensayos se ocupan de los problemas de las decisiones prácticas y los juicios de valor; su finalidad principal es la de separar claramente los componentes prácticos y volitivos de los componentes cognitivos en los juicios, en el campo de las decisiones y valores.

Estos ocho ensayos se encuentran especialmente dispuestos en un orden cronológico. Los cinco primeros fueron publicados en alemán durante el período de 1921 a 1932. Dichos ensayos nos permiten sentir el ímpetu y las optimistas anticipaciones de un pionero en un terreno recién descubierto. Reichenbach desarrolló más tarde las concepciones formuladas en ellos y las presentó de una forma más definitiva en una publicación posterior. Los dos últimos ensayos estaban sin terminar en el momento de la muerte repentina de Reichenbach. Su esposa, María Reichenbach, les ha dado su forma actual mediante un cuidadoso trabajo editorial, fiel a las intenciones del autor. La inserción de la bibliografía completa de las publicaciones científicas y filosóficas de Reichenbach representa una aportación valiosa.

RUDOLF CARNAP

Estado actual de la discusión sobre la relatividad [1]

Una investigación crítica

[*Este ensayo contiene un análisis de varias interpretaciones importantes de la teoría de la relatividad de Einstein, propuestas por adeptos del positivismo, ficcionalismo, neokantismo, convencionalismo, etc. Puesto que dichas doctrinas persisten en la actualidad, este ensayo tiene un valor superior al histórico. He omitido unas pocas páginas que trataban de la generalización de Herman Weyl sobre el espacio de Riemann, y de algunas críticas de menor importancia de la teoría de la relatividad, que no tienen significación histórica.*

Los números que van entre paréntesis en el texto se refieren a la bibliografía dada al final de este ensayo (págs. 59 a 62).]

INTRODUCCIÓN

Durante los años en que la teoría de la relatividad ha sido objeto de discusión filosófica ha aparecido un considerable número de publicaciones relativas a la misma. Podría parecer apropiado, por tanto, resumir los puntos de vista filosóficos expuestos y las conclusiones a que se ha llegado en estas investigaciones. Las mismas razones que hacen imposible unificar los diversos sistemas filosóficos hacen imposible también unificar los diversos tratamientos de un problema específico en la filosofía de la ciencia, ya que estos tratamientos han sido por lo general meras proyecciones de la posición filosófica de sus autores. Es evidente que cada escuela filosófica selecciona de la teoría de la relatividad aquellas conclusiones filosóficas que le parecen interesantes des-

[1] Publicado por primera vez en alemán con el título "Der gegenwärtige Stand der Relativitätsdiskussion", *Logos*, vol. X, 1921, núm. 3, págs. 316-378.

de el punto de vista de sus intereses particulares y acepta, rechaza o «interpreta» la teoría física según que dicha teoría concuerde o no con las doctrinas de la escuela. Semejante actitud no es fructífera para el entendimiento del contenido filosófico de un nuevo descubrimiento físico. Más aún, el análisis filosófico encuentra dificultades en este caso, ya que se requieren unos conocimientos de física mucho mayores de lo que ha sido normalmente necesario para los estudios de filosofía de la ciencia. Por consiguiente, la adecuación de cualquier crítica filosófica a la teoría de la relatividad depende del conocimiento que posea su autor acerca del contenido *físico* de la teoría y de su comprensión de la significación física de determinadas afirmaciones. Esto explica la sorprendente variedad de opiniones, las controversias violentas acerca de la importancia, consistencia y aplicaciones científicas de los descubrimientos de Einstein. El calidoscópico caos de opiniones aumenta, a su vez, debido a la participación del gran público en esta controversia.

En estas circunstancias, cualquier intento de examinar imparcialmente el estado actual de la discusión sería una empresa inútil, ya que no se puede construir un cuadro coherente de las diversas formulaciones. Todo es aún absolutamente asistemático; junto al conocimiento dogmático se encuentra la intuición penetrante y la voz del aficionado no se ha callado todavía. Incluso parece como si el gran descubrimiento físico de Einstein pudiera escindir más aún a la filosofía, resultando incompatibles las convicciones sobre las funciones más elementales del conocimiento, en un momento en el que sus adeptos deberían aprender humildemente acerca de este nuevo desarrollo de la ciencia. Tratemos de examinar críticamente estos escritos, separando las contribuciones de importancia de aquellas que no la tienen; corrigiendo las faltas y exponiendo los problemas filosóficos fundamentales que suscita el descubrimiento de Einstein.

Debemos admitir que una exposición semejante constituye en sí misma un punto de vista, pero éste es un destino al que ningún trabajo productivo puede escapar. Sin embargo, esto no tiene por qué impedirnos realizar nuevos intentos para llegar a conclusiones *objetivas* mediante el análisis; no hay otro camino. La siguiente exposición crítica puede considerarse, por tanto, no sólo como un examen de la discusión, sino también como una participación en la misma. Desarrollos posteriores demostrarán hasta qué punto está justificada nuestra crítica. Estoy convencido de que esta participación es útil, incluso necesaria, debido al número tan considerable de evidentes equívocos, y resulta vano que algunos filósofos ataquen la teoría con tanta violencia, simplemente porque no entienden todo su contenido. Creo más bien que se podrá

llegar a un acuerdo sobre muchas cuestiones en un tiempo relativamente corto. La finalidad de este ensayo es la de contribuir a tal aclaración.

En nuestra exposición tendremos que discutir la significación física de la teoría de la relatividad e incluso cuestiones físicas específicas, pero esto será siempre desde el punto de vista del análisis filosófico, excluyendo los problemas puramente físicos. En consecuencia, no serán criticados aquellos asertos puramente fácticos de la teoría; esto puede abandonarse a la física y, de momento, no tenemos otro camino sino aceptar tales asertos, con la reserva de posibles modificaciones ulteriores. Sin embargo, constituirá uno de nuestros problemas descubrir cuáles son las afirmaciones empíricas que la teoría contiene de hecho. Esta cuestión no ha sido aclarada suficientemente todavía, e incluso el físico no sabe a qué atenerse cuando se le pide que dé una respuesta clara. Aquí está la causa de la mayoría de los equívocos filosóficos. A este respecto esperamos que el siguiente análisis aclarará la discusión. Nos ceñiremos estrechamente a la teoría física.

No es necesaria una exposición de la teoría misma. La literatura en este campo es bastante extensa y existen algunas exposiciones excelentes de la teoría. Además de las publicaciones originales de Einstein y de los relevantes trabajos de Weyl (69), V. Laue (31), Kopff (24) y Pauli (38), que son accesibles únicamente al experto, existen exposiciones de divulgación de Einstein (10), Bloch (2), Freundlich (17), Schlick (56), Born (4) [2], Thirring (65) y el breve, pero bien organizado, artículo de Sommerfeld (64).

Los trabajos filosóficos mencionados no constituyen una relación exhaustiva —lo que sería imposible—, pero no creo haber omitido ninguno de los más importantes trabajos publicados en los últimos tiempos. Desgraciadamente, no tuve acceso a la literatura filosófica de países extranjeros. Al final de este ensayo se encontrará una lista de las publicaciones mencionadas en el texto.

1. CONCEPCIONES INFLUIDAS POR VAIHINGER

Es cierto que la teoría de la relatividad utiliza ficciones algunas veces. Esta es la razón por la que la filosofía del «Como Si» de Vaihinger

[2] Esta es la exposición más detallada. Contiene, además de la descripción de la teoría de la relatividad, una revisión elemental de los problemas físicos que la originaron. En la nueva edición, la sección relativa a la teoría ha sido ampliada, demostrando dicha sección un conocimiento claro de los problemas teóricos en ella implicados.

parecía especialmente apropiada para aclarar los problemas filosóficos de la teoría de Einstein. Vaihinger no participó él mismo en estas discusiones, pero sí lo hicieron sus seguidores. En una asamblea que tuvo lugar en Halle, en 1920, su actitud fue negativa por completo. Kraus, que se ha convertido en el portavoz de esta escuela en lo que respecta a la relatividad, ha criticado en particular dicha teoría.

¿Qué son las ficciones? De acuerdo con Vaihinger, son «estructuras mentales» (68, pág. 12) «que no corresponden directamente a la realidad» (68, pág. 17). En cierto sentido, se pueden llamar ficciones a todas las construcciones conceptuales, ya que todas ellas son estructuras mentales que pueden no estar construidas siempre como «reflejo» de la realidad; están determinadas por la naturaleza de nuestros procesos mentales y no son sino instrumentos para el entendimiento de la realidad. Sin embargo, este último punto de vista no corresponde ni a la terminología de Vaihinger ni a la de la reciente escuela de la ficción. Vaihinger distingue expresamente (y con razón) la ficción de la hipótesis: «Mientras que cada hipótesis pretende ser la expresión adecuada de alguna realidad desconocida todavía y reflejar esta realidad objetiva, la ficción se construye con el conocimiento de que es una forma de concepción inadecuada, subjetiva y metafórica, cuya coincidencia con la realidad se excluye desde un principio y no puede ser, por tanto, verificada *a posteriori*, de la manera en que esperamos comprobar una hipótesis» (68, pág. 268). Así, existen dos clases de estructuras mentales utilizadas para adquirir conocimiento. Una de ellas tiene cierta relación con la realidad («descripción» es un término más apropiado, en este contexto, que el de «reflejo», utilizado por Vaihinger); la otra no tiene relación con la realidad y no es más que un instrumento conceptual. Se plantea entonces la pregunta: ¿Qué afirmaciones de la teoría de la relatividad son meras ficciones?

Evidentemente, existe una ficción cuando Einstein habla de un observador que ajusta su reloj al recibir una señal luminosa. Es imposible llevar a cabo esta operación, ya que el error que resultase de la defectuosa reacción sensitiva del observador sería mucho mayor que la corrección en el ajuste de los relojes, requerida por la teoría de la relatividad. Aunque las exposiciones populares de la teoría utilizan frecuentemente ficciones semejantes es claro su valor puramente pedagógico y eurístico. Tales ficciones pueden evitarse fácilmente, pero este hecho es tan evidente para el experto que, en lugar de evitarlas, a menudo se sirve de ellas con éxito.

Por la misma razón, estas ficciones no constituyen objeto de preocupación para la filosofía del «Como Si», ya que no se necesita ningún

análisis filosófico para descubrirlas. La escuela de la ficción mantiene que la teoría de la relatividad presenta ficciones diferentes, más fundamentales, cuyo carácter ficticio, lejos de ser evidente, no es conocido incluso por los físicos, ni por el mismo Einstein.

Volvamos a la discusión de las teorías de Kraus. Un aspecto básico de la teoría de la relatividad es la teoría de Einstein sobre las mediciones de los intervalos espaciales y temporales. Kraus llama a esta teoría una ficción. Declara: «La contracción de Lorentz se puede interpretar tan sólo como la consecuencia matemática resultante de ciertas operaciones ficticias de medición. Con más exactitud: se obtiene el valor de la contracción de Lorentz al imaginarse cuáles serían los resultados de ciertas operaciones de medición. De hecho, tales cálculos no han sido nunca llevados a cabo. De este modo, el cálculo para medir los resultados de la medición bajo ciertas condiciones ficticias se confunde con el cálculo real» (26, pág. 359). Estas palabras contienen las principales ideas de Kraus y merece la pena examinarlas críticamente. Admitimos que un cálculo directo de acuerdo con los métodos de Einstenin no se ha llevado a cabo nunca, pero la medida *directa* es una de esas ficciones triviales que excluimos sobre la base de que son evidentes. Kraus pasa por alto la posibilidad de llegar a conclusiones sobre la conducta de las varillas de medir y relojes, sin verificar comprobaciones *directas* con estos objetos. El experimento de Michelson demuestra que existe cierta relación entre los cuerpos rígidos y la velocidad de la luz. De estos experimentos podemos deducir cómo se comportarían las varillas rígidas si se llevaran a cabo comprobaciones. Kraus está confundido cuando infiere que, según la teoría de la relatividad, únicamente aquellos cuerpos utilizados accidentalmente como instrumentos de medición sufrirían los cambios señalados por Einstein (26, pág. 358). Por el contrario, para la teoría de la relatividad, cada varilla rígida es una varilla de medir y la teoría dispone de evidencia empírica para respaldar sus asertos. Desde luego, estos asertos contienen *hipótesis*, ya que nuestras inferencias son indirectas únicamente, pero esto no las convierte en *ficciones*.

Para Einstein, los relojes, así como las varillas de medir, son objetos físicos, no ficciones, y él mismo ha sugerido experimentos encaminados a comprobar empíricamente el retraso de los relojes [3]. Las afirmaciones

[3] Los electrones, al girar sobre sí mismos, constituyen el mejor reloj y, en consecuencia, todos los experimentos de esta índole están relacionados con ellos. El efecto transversal de Doppler sería una confirmación del retraso de los relojes, pero no ha sido investigado todavía debido a dificultades experimentales. La desviación hacia el rojo de las líneas del espectro del Sol constituye también una afirmación comprobable empíricamente sobre los relojes reales.

de Einstein podrían ser *falsas*, pero esto es una cuestión empírica. Kraus no se da cuenta de que sus alegaciones sobre las varillas de medir y los relojes son también empíricas y, por tanto, pueden ser falsas. Sincronicemos dos relojes y coloquémoslos uno junto al otro. Transportémoslos entonces a velocidades diferentes a un sitio distante. Según Einstein, el reloj que viaje más rápido se retrasará en comparación con el otro. Esta es una afirmación fáctica que puede ser verdadera o falsa. La confirmación experimental directa de esta afirmación no ha sido posible hasta ahora, pero esto no la convierte en una *ficción*, sino en una *hipótesis*. ¿Cómo sabe Kraus que el retraso de Einstein de los relojes *no* tiene lugar? La afirmación de que no ocurra es también una mera hipótesis.

Resulta, pues, que Kraus mismo confunde la ficción y las hipótesis; que incluso está menos seguro de esta distinción que los físicos. Es cierto que la teoría de Einstein contiene afirmaciones que no pueden confirmarse empíricamente —discutiremos esto en el apartado 4—, pero las afirmaciones mencionadas por Kraus son empíricas. Llama ficción a la ley de Einstein de la constancia de la luz. Sin embargo, esta afirmación es esencialmente una declaración fáctica. Kraus escribe: «La afirmación de que la velocidad relativa de la luz, no afectada por el movimiento del foco luminoso, permanece constante en relación con todo sistema que se encuentre en movimiento rectilíneo y uniforme es falsa. No contradice nuestros hábitos de pensamiento, pero contradice juicios necesarios *a priori*» (26, págs. 363-364). Sin embargo, esta declaración afirma únicamente el siguiente y simple hecho: Si yo uso el mismo método y las mismas varillas de medir, y relojes para medir la velocidad de la luz en diferentes sistemas, el resultado es siempre 300.000 kilómetros por segundo. Esta es una afirmación sobre la relación entre las varillas rígidas y relojes y la propagación de la luz, y ha de comprobarse mediante experimentos físicos. Los físicos no han confirmado plenamente esta afirmación, pero la consideran altamente probable. *A priori* podemos conocer tan poco de esta relación como de la capacidad de la luz para penetrar la materia. Kraus no ve que sus críticas van dirigidas contra una sencilla e intuitivamente plausible aserción fáctica. Como tantas veces en la historia de la filosofía, nos encontramos con el extraño caso de que un filósofo quiere prescribir, sobre la base de que constituye un conocimiento evidente por sí mismo, cuáles son aquellos fenómenos que pueden observar los físicos.

Cuando Kraus llama *ficción* al principio de la luz de Einstein mantiene que una medición con varillas rígidas y relojes en un sistema en movimiento *no* daría 300.000 kilómetros por segundo como velocidad

de la luz. Basándose en una filosofía apriorística, quiere aseverar algo sobre objetos físicos; quiere *deducir* la física de la filosofía. En el siglo transcurrido desde la muerte de Kant la filosofía debería haber superado este punto de vista. Sin tener en cuenta si el principio de la luz es o no cierto fácticamente, y prescindiendo de si futuros experimentos confirmarán este principio, hoy en germen, la crítica de Kraus debe ser rechazada enérgicamente: no puede admitirse que los filósofos no tengan presentes los límites del conocimiento.

Lo poco que Kraus comprende la significación física del principio de la luz de Einstein se pone de manifiesto en su afirmación de que, según este principio, $c + v = c$ (26, pág. 368). Esta ecuación es realmente una contradicción. La suma de velocidades constituye un proceso *físico* y no puede demostrarse de ninguna manera que dicha suma esté representada por la ecuación anterior (cf. 49). Dado un sistema en el que la velocidad medida de la luz sea c, y dado un segundo sistema que se mueva a la velocidad v, ¿qué valor se obtendrá para la velocidad de un rayo de luz en el primer sistema, si lo medimos con relojes y varillas rígidas que han sido transportados al sistema en movimiento? Este es el problema de la suma de velocidades cuya respuesta depende de la conducta de los relojes y varillas de medir. Realmente, es un problema de *combinación* de velocidades y la operación sólo puede llamarse «suma» en sentido general. La suma *algebraica* no es más que una manera de combinar cantidades y lo que la operación matemática aplica a la combinación física de velocidades es una cuestión empírica. La ecuación debería escribirse de la siguiente forma:

$$c\ (+)\ v = c,$$

donde el signo «más» entre paréntesis significa adición en sentido general[4]. El caso especial de la suma de velocidades en la teoría de la relatividad ha sido formulado matemáticamente (esto es, puede reducirse a una suma algebraica). Einstein llevó a cabo esta formulación mediante su teorema de la adición:

$$\frac{u + v}{1 + \dfrac{u \cdot v}{c^2}} = w$$

Esta fórmula representa la interpretación del signo «más» entre paréntesis en la suma de velocidades de la teoría de la relatividad. Como

[4] Compárese, por ejemplo, la ecuación química:
2 litros de hidrógeno + 1 litro de oxígeno = 2 litros de vapor de agua;
lo que también es una contradicción si se construye el signo "más" algebraicamente.

puede verse fácilmente, $w = c$, si $u = c$, es decir, produce el resultado que se requiere físicamente.

En un trabajo más reciente, Kraus reprocha a Einstein que confunde los *medios* de descripción con el *objeto* de la descripción. Identifica el «principio clásico de la equivalencia de las coordenadas» con el principio de la relatividad de Newton, según el cual la aceleración de un cuerpo es la misma en todos los sistemas inertes que se muevan uniformemente. Para Einstein, el principio especial de la relatividad es la afirmación de que estos sistemas están gobernados por las mismas leyes naturales. Kraus continúa con la siguiente crítica: «Con estas aseveraciones Einstein se engaña a sí mismo y a sus lectores. La afirmación no expresa el principio especial de la relatividad de Einstein, sino simplemente el principio clásico de equivalencia de coordenadas, que se ha mantenido siempre en la asunción tácita, pero evidente, de la *invariabilidad de las unidades de medida*. Einstein no menciona *el cambio fundamental en esta asunción* introducido por él» (27, pág. 472). En primer lugar, la crítica de Kraus contiene un error de hecho. No es cierto que, según el principio de la relatividad de Newton, las mismas leyes naturales rijan en todos los sistemas inertes, sino únicamente las mismas leyes de aceleración mecánica. La propagación de la luz, por ejemplo, es diferente en todos estos sistemas. La asunción de Einstein, que se aplica también a la propagación de la luz, es *diferente*, en consecuencia, de la de Newton. No es Einstein quien está equivocado, sino Kraus. En segundo lugar, la crítica de Kraus no resulta clara desde el punto de vista lógico. Habla de la invariabilidad de las unidades de medida sin definir este concepto. Pasa por alto el hecho de que no existen otros medios de comparar unidades de medida que no sean procedimientos físicos. ¿Qué significado tiene el decir que un metro en un sistema tiene la misma longitud que un metro en otro sistema? No es posible ninguna aplicación física de esta afirmación, a no ser que se defina «un metro» en relación a un objeto físico. La definición más simple es que debe llamarse «metro» a la misma varilla en cualquier lugar en que esté situada. Otras definiciones, por ejemplo, las que hacen referencia a las ondas luminosas, no difieren en principio. Cada afirmación sobre el valor de la velocidad es, por tanto, una afirmación sobre la relación de *dos* objetos físicos: el objeto que se mueve y el objeto que constituye la unidad. El gran mérito de Einstein es el de haber reducido deliberadamente todos los valores físicos de medida a *valores correlativos de objetos físicos* (cf. 48). Su principio de la luz es también una afirmación sobre tal relación. Es cuestión de gustos el considerar *cambiada* a la unidad transportada. Es imposible medir ob-

jetivamente este cambio, ya que el resultado de tal medición depende de una definición de congruencia dada previamente. Parece más expeditivo decir que la misma varilla de medir tiene siempre la misma longitud.

Ahora podemos entender la objeción de Kraus de que Einstein ha confundido los medios y el objeto de la descripción. Kraus cree que el principio de la luz de Einstein constituye una afirmación sobre los cambios de las varillas de medir y no una afirmación sobre la luz. El error de Kraus resulta evidente. No existen afirmaciones empíricas sobre las varillas de medir por separado o sobre la luz por separado, sino únicamente sobre la *relación* entre la luz y las varillas de medir. Esto es lo que afirma el principio de la luz de Einstein.

Además de atacar el principio de la luz, Kraus aduce reparos contra la definición de Einstein de la simultaneidad. Sostiene que quebranta el principio lógico de no contradicción (26, pág. 336). Esta concepción, errónea y de corto alcance, ha sido criticada frecuentemente por Linke (34, pág. 413), Thirring (66, 67) y por mí. En consecuencia, me limitaré a señalar que, en la teoría de la relatividad, la simultaneidad (que, dicho sea de paso, se refiere únicamente a simultaneidad en sitios *distintos*, no en el mismo sitio) es un concepto relativo, como derecha e izquierda, y, por tanto, no se viola ningún principio lógico. El único problema es de si se puede considerar adecuadamente la simultaneidad como un concepto relativo y si no será un problema lógico, sino epistemológico. En otro lugar (28) Kraus considera como *evidente por sí mismo* que la simultaneidad *no* es un concepto relativo, pero el problema no puede resolverse mediante tal declaración. Evidentemente, existen muchas personas para quienes no resulta evidente: para quienes, al contrario, resulta evidente la relatividad de la simultaneidad. Kant introdujo un nuevo requisito en los juicios sintéticos *a priori*. Sostuvo que tales juicios no pueden darse por sentados sencillamente, sino que se debe demostrar que constituyen *condiciones de la experiencia*. Sólo entonces pueden ser considerados como verdades objetivas. Este requisito nos permite sustituir asunciones basadas en experiencias sin valor científico, por asertos científicamente fundados. Kraus no intenta demostrar en ninguna parte que la simultaneidad absoluta sea una condición de la experiencia. Desde luego, tal intento sería inútil, puesto que la teoría de la relatividad ha mostrado que es posible la experiencia sobre la base de la relatividad de la simultaneidad. La asunción de la simultaneidad absoluta se basa, pues, en evidencia *primaria*, y puede demostrarse fácilmente que es poco satisfactoria.

Aunque Kraus cree que la simultaneidad de Einstein es imposible,

no tiene mejores objeciones contra ella que las que acabamos de exponer. Es muy extraño que, sin embargo, retenga la simultaneidad relativa como una ficción útil. Si la concepción de Einstein de la simultaneidad fuera *falsa* el físico no la aceptaría ciertamente, ni siquiera como ficción. Realmente, no podemos exigir que se defina la simultaneidad *de modo correcto*, pues no se trata de una *hipótesis*. Ahora bien, no es una *ficción* tampoco y existe una tercera posibilidad. Continuaremos con este problema en el apartado 4 [5].

Lipsius (35) ha mantenido también el carácter ficticio de la teoría de Einstein en una conferencia en el Congreso de filósofos del «Como Si». Sus afirmaciones contienen, sin embargo, tantas equivocaciones sobre la teoría física, que podemos ahorranos una crítica detallada. Sostiene que la teoría de la relatividad contradice la teoría de Maxwell, ya que niega la existencia del éter corpóreo. Al parecer, no advierte que esta observación es correcta únicamente desde el punto de vista *histórico*, pero no del *lógico*. Desde el punto de vista lógico es perfectamente sostenible la teoría de las ondas luminosas sin un medio material elástico. Más aún: niega que sea posible epistemológicamente asignar la misma consideración lógica a la coordenada tiempo que a las tres coordenadas espaciales (35, pág. 441). No se da cuenta de que, de hecho, la física no les da un tratamiento idéntico: el signo negativo del parámetro tiempo en ds^2 (en la métrica «indefinida») *distingue* la coordenada tiempo de las coordenadas espaciales. Es esta circunstancia la que impide la reversibilidad de las cadenas causales [6] que Lipsius imputa equivocadamente a la teoría de la relatividad. Por último, Lipsius cree erróneamente que «el relativismo destruye la unidad del mundo de la experiencia» (35, pág. 441); véanse las páginas 16 y 28. Las afirmaciones de Lipsius sobre el carácter ficticio de la teoría de la

---

[5] Es extraño que Kraus acuse constantemente a Einstein de confusión lógica, aunque, desde luego, sólo lo hace así cuando interpreta equivocadamente la teoría de Einstein (27, pág. 476). Afirma, por ejemplo, que la teoría general de la relatividad contradice la teoría especial. Justifica esta postura (que puede refutarse por el hecho de que la teoría especial entra dentro del terreno infinitesimal) diciendo que dimensiones enormes, incluso astronómicas, tendrían que concebirse como infinitamente pequeñas. No entiende que, cuando el matemático dice que determinadas condiciones entran en el campo infinitesimal, significa que estas condiciones constituyen un límite que se alcanza según va retrocediendo el campo. ¿Y por qué determinadas dimensiones astronómicas no son pequeñas si se comparan con otras mayores, también astronómicas? Sería interesante averiguar en qué orden de magnitud comienza a usar la filosofía del "Como Si" el concepto de infinitesimal. ¿Quizá en el orden de las dimensiones de una cabeza de alfiler?

[6] Por lo menos, esto es verdad respecto de la teoría especial de la relatividad de la que habla Lipsius. En la teoría general los asuntos son más complejos.

relatividad no pueden tener gran importancia desde el momento en que contienen tantas equivocaciones.

Otro intento de demostrar el carácter ficticio de la teoría de Einstein fue llevado a cabo por L. Höpfner (22, 23). Si se comparan con los escritos de Kraus, las publicaciones de Höpfner tienen la ventaja de ser formulaciones rigurosas, y es digno de encomio el que reseñe algunos asertos particulares como ejemplo de ficciones. De este modo se puede decidir, por lo menos, si son ficciones. Resulta, sin embargo, que todas las alegaciones de Höpfner menos una son falsas y esta excepción es trivial.

Höpfner señala seis ficciones en la teoría de Einstein. Trata de explicarlas formulando afirmaciones sobre ellas, en las que utiliza las palabras «Como Si». Construye con éxito dichas formulaciones, pero no advierte que, al obrar de esta forma, altera el significado físico de las afirmaciones. Así, llama ficción al principio de la luz de Einstein: «La velocidad de la luz debería ser tratada en todos los cálculos y ecuaciones como si fuese una magnitud absoluta y constante (22, pág. 473). Einstein nunca ha expresado semejante afirmación y la teoría de la relatividad no podría basarse ciertamente en este aserto. La velocidad de la luz no es una magnitud absoluta, sino, como explicamos anteriormente, una proporción. Esta proporción es, *de hecho*, la misma en todas partes. Si no fuese éste el caso, la teoría de la relatividad sería falsa, ya que todas las fórmulas de la teoría se basan en la asunción de que esta proporción existe objetivamente. Si la teoría fuera incorrecta, los experimentos ópticos no estarían de acuerdo con ella. Höpfner alega, además, que, si la teoría de Einstein fuese correcta, las posiciones de las manecillas de los relojes influirían causalmente en la señal luminosa; a este supuesto lo llama también una ficción. Ciertamente, es una ficción, y una ficción deliberadamente falsa, pero es un equívoco evidente creer que la teoría de Einstein necesita de tan ingenuas asunciones. Las otras ficciones de Höpfner son de tipo similar. La única alegación correcta que se podría hacer es que Einstein utiliza en ocasiones la ficción de que los observadores y los relojes están en todas partes. Pero ésta es una ficción trivial, conocida, sin duda, por el autor de la teoría de la relatividad.

Hasta qué punto confunde Höpfner el problema físico que constituye el origen de la teoría de la relatividad aparece claro en la afirmación que hace en otra parte (23) sobre el espacio absoluto de Newton. Llama a esto «una ficción justificada científicamente» (23, pág. 482), pero no ve que tendría que *defender* esta afirmación en contra de Einstein. Se debe, ciertamente, buscar la *causa* de la existencia de fuerzas inertes,

esto es, se deben interpretar estas fuerzas como el resultado de fenómenos físicos de los que existe evidencia independiente. Esta es la razón por la que Newton, muy en consecuencia, atribuye realidad al espacio absoluto. Dado que no era posible, sin embargo, encontrar ninguna otra evidencia del espacio absoluto, este espacio continuaba siendo una *ficción*, y Einstein está perfectamente justificado al llamarlo «una causa puramente ficticia». En contraste, Einstein aduce las masas de estrellas fijas como causa de la inercia, esto es, aduce una causa de la que existe evidencia independiente. Höpfner compara incorrectamente la introducción de las estrellas fijas con la introducción del grado cero en el termómetro. El grado cero no se introduce como *causa* del calor, sino como *punto de referencia de comparación* para la medida de la temperatura. Corresponde al sistema de coordenadas al que se refieren las medidas de las velocidades. Sin embargo, el espacio absoluto de Newton es *más* que un punto de referencia para la medición. Esto se deduce del hecho de que la orientación de su espacio absoluto no es arbitraria, sino que puede inferirse de la observación de los movimientos de los cuerpos celestes. En contraste, tanto el sistema de coordenadas de donde se hacen las medidas y el grado cero del termómetro son arbitrarios.

Mientras que, en los otros casos mencionados, la filosofía del «Como Si» critica equivocadamente a la física alegando que las hipótesis físicas son realmente ficciones, no permite en este caso que se sustituya una ficción por una hipótesis. Parece «como si» la filosofía quisiera introducir ficciones en la física a toda costa. Este método resultaría completamente inapropiado para la filosofía —a no ser que las palabras «como si» nos permitan esperar algo mejor. Sería aconsejable que la filosofía del «Como Si» estudiase con más atención la teoría física si quiere participar en los análisis filosóficos de la teoría de la relatividad. Tiene que haberse superado el punto de interpretar equivocadamente la física para poder criticar la teoría física más profunda.

2. CONCEPCIONES INFLUIDAS POR MACH

Es un hecho bien conocido que Mach expuso una de las ideas esenciales de la teoría de la relatividad hace ya cuarenta años. Reconoció que el movimiento sólo puede definirse en relación con los *cuerpos* y que no tiene sentido hablar de un movimiento «en relación con el espacio». En su crítica de los principios de Newton dice sobre el movimiento: «En realidad, por consiguiente, conocemos sólo la relación de un cuerpo K con A, B, C... Si ahora prescindimos, de repente, de A, B, C...

y tratemos de definir el comportamiento del cuerpo K en el espacio absoluto, incurrimos en un error doble. En primer lugar, no podemos saber cómo actuaría K en ausencia de A, B, C...; en segundo lugar, faltaría todo medio de formar un juicio y de comprobar lo que hubiésemos supuesto, por lo que esto último carecería de significado científico.

Estas palabras contienen una crítica clara de la doctrina del movimiento absoluto, pero, además, señalan el camino hacia un posible desarrollo de una teoría precisa del movimiento. La idea de que el movimiento en cuanto proceso espacial sólo puede *reconocerse* en relación con otros cuerpos es anterior a los escritos de Mach. Incluso Leibnitz había expresado una idea semejante. Un pasaje acotado en el interesante trabajo, desde el punto de vista histórico, de Large, *Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungs begriffes*, demuestra que Leibnitz estaba convencido de la relatividad cinemática [7]. Siempre que se caracterice el movimiento como un *cambio de distancias espaciales* será relativo. Esta idea va implícita en el concepto de movimiento cinemático. Lo que diferencia en tan gran manera el punto de vista de Mach de las concepciones anteriores es el haberse dado cuenta de que, además de la relatividad cinemática, es preciso sostener la relatividad *dinámica*. El movimiento puede reconocerse por la puesta en acción de *fuerzas* —éste es el significado de la ecuación de Newton «fuerza = masa × aceleración»— y Mach sostiene que la aparición de fuerzas de movimiento secundarias, las llamadas fuerzas de la inercia, depende, asimismo, de la existencia de otros cuerpos. Esta idea era desconocida antes de Mach. El la infiere del hecho de que cada interpretación del movimiento es, en principio, reversible, de modo que siempre se pueden considerar las fuerzas inertes como efecto de otros cuerpos. El mejor modo de ilustrar esta idea consiste en el tratamiento que hace Mach del problema de la rotación. «Pero, si sacamos nuestras conclusiones a la vista de los hechos, nos encontraremos con que conoceremos tan sólo unos movimientos y espacios *relativos*. *Relativamente*, sin considerar el desconocido y menospreciado medio del espacio, los movimientos del universo son los mismos, adoptemos el punto de vista de Ptolomeo o de Copérnico. Los dos criterios son, en realidad, igualmente *correctos*, sólo que el segundo es más sencillo y más *práctico*. El universo no se nos ofrece *dos veces*, con una Tierra en reposo y una Tierra en movimiento, sino

[7] Esta es, sin embargo, la única contribución de Lange a la cuestión de la relatividad. No advierte la relatividad dinámica, aunque conocía las concepciones de Mach, ni toma en cuenta la influencia de las masas de estrellas fijas en su definición del sistema inerte.

sólo una vez, con sus movimientos *relativos* determinables. En consecuencia, no podemos decir lo que ocurriría si la Tierra no girase. Podemos interpretar un caso que se nos ofrece en diversos aspectos. Sin embargo, si lo interpretamos de modo que entremos en conflicto con la Naturaleza, nuestra interpretación está sencillamente equivocada. Los principios de la mecánica pueden concebirse ciertamente de modo que surjan fuerzas centrífugas en las rotaciones relativas» (36, pág. 284). Es admirable la forma tan convincente en que se expone la idea de la relatividad dinámica en este pasaje y nadie ha celebrado esta aguda penetración más que Einstein. En su escrito necrológico sobre Mach (11) cita pasajes relevantes de *La ciencia de la mecánica*, de Mach.

A pesar de nuestra admiración por las ideas de Mach, no debemos olvidar que Mach está equivocado cuando acepta *a priori* la relatividad general. Schlick fue el primero en señalar esta falta (58, págs. 166-168) [8]. El principio de la relatividad dinámica es *empírico*, ya que de él pueden inferirse consecuencias observables, relativas al comportamiento de masas giratorias (por ejemplo, volantes). No es posible deducir *lógicamente* la relatividad dinámica de la relatividad cinemática. Schlick demuestra esto claramente al traducir la idea de la relatividad al lenguaje del positivismo de Mach: «Allí donde los experimentos ópticos no nos enseñan nada, los experimentos cinestéticos no pueden enseñarnos nada tampoco». Es extrañamente irónico que Mach resultara víctima del aprioriismo sin advertirlo. Los admiradores de los análisis del espacio de Mach experimentaron un gran desengaño al publicarse póstumamente *Los principios de la física óptica*, el año pasado, 1921. En el prefacio de este libro, el autor, de setenta y cuatro años, declara ser un adversario convencido de la teoría de la relatividad. «De las publicaciones que he visto, y especialmente de mi correspondencia, deduzco que, poco a poco, voy siendo considerado como el precursor de la relatividad. Incluso ahora soy capaz de imaginarme aproximadamente qué nuevas exposiciones e interpretaciones recibirán en el futuro muchas de las ideas expresadas en mi libro, desde el punto de vista de la relatividad.

»Era de esperar que filósofos y físicos llevaran a cabo una campaña contra mí, ya que, como tantas veces he observado, yo era únicamente un divagador sin prejuicios, dotado de ideas originales en varios campos del conocimiento. Sin embargo, debo negar claramente que sea un pre-

---

[8] Schlick escribió esto antes de la publicación final de Einstein de la teoría general de la relatividad, y contiene un error que proviene de Einstein (págs. 170-171). Einstein pensó primero que podría probar la imposibilidad de una relatividad completamente general; más tarde probó lo contrario. La exposición de Schlick puede corregirse fácilmente sin que su contenido filosófico se vea afectada por ello.

cursor de los relativistas, de la misma manera que me aparto de las creencias atomísticas de hoy» (37, prefacio).

Aunque debemos aceptar la declaración de Mach, no se puede refutar la relación estrecha entre su crítica del problema del movimiento y la teoría general de la relatividad, ni el hecho de que la teoría de Einstein desarrolla el programa de Mach. Debemos recordar que el pasaje citado del libro de Mach está escrito en el año 1912, antes de que apareciera la versión final de la teoría *general* de la relatividad, aun cuando se hubiesen ya publicado el principio de equivalencia y la teoría de la desviación de la luz. La oposición de Mach a la teoría especial parece mucho más fácil de entenderse, ya que esta teoría electrodinámica no tiene relación con el pasaje de la *Mecánica*, de Mach. Podríamos preguntar, por tanto, si la teoría general definitiva no habría reconciliado al viejo «divagador con ideas originales». Ello es dudoso, ya que la teoría especial es un elemento de la general. Tenemos que aceptar el hecho de que el iniciador de la idea de la relatividad no la reconoció, siendo ya mayor, cuando la encontró bajo una nueva forma.

El repliegue de Mach de su propia postura ha conducido a sus herederos filosóficos a adoptar distintas actitudes hacia la teoría de la relatividad. Petzold, siguiendo al Mach joven, se ha convertido en un relativista convencido. Dingler, sin embargo, invocando al Mach en su senectud, se declara en fuerte oposición a la teoría de Einstein. F. Adler adopta una posición intermedia.

Petzold ve que la teoría del movimiento de Mach se halla en relación estrecha con la epistemología fenomenolista del mismo Mach. Si únicamente son reales aquellos fenómenos que se pueden observar, únicamente existe el movimiento relativo, ya que nuestros sentidos perciben sólo el movimiento relativo de los cuerpos. «Quienes han llegado a convencerse de que las formas son inseparables de los colores en el espacio visual y entienden, además, la perfecta igualdad epistemológica del sentido del tacto y de la vista, saben que el espacio físico, el espacio de la experiencia, nos muestra únicamente un movimiento relativo, y que no existe observación, ni medios —ya sean ópticos, electromagnéticos o mecánicos —que nos permitan *percibir* el movimiento absoluto» (43, pág. 7). Para Petzold la contribución principal de Einstein consiste en el hecho de que la teoría de la relatividad considera que las únicas realidades accesibles a la experiencia son las *coincidencias*. Sabemos que, cuando Einstein estableció la teoría general, consideraba como una premisa esencial el hecho de que, en principio, sólo pueden ser observadas las coincidencias de cosas físicas. Por consiguiente, la teoría general concibe las coincidencias como las únicas invariables y se limita

a relativizar las *relaciones métricas* entre ellas. Petzold considera que esta concepción es el único camino para describir la naturaleza *objetivamente* y eliminar la metafísica. La metafísica, y no la sensación, constituye el elemento engañoso en el conocimiento, según Petzold. «La doctrina de Heráclito y Parménides, de que los sentidos nos engañan, resultaría hoy ridícula a la vista de la ciencia experimental...; lo que nosotros observamos y juzgamos son siempre complejos de impresiones sensoriales o de recuerdos de ellas: Einstein las llama coincidencias de percepciones... Los fenómenos físicos determinan cuándo estas coincidencias sólo se pueden coordinar por parejas. Este punto es de una importancia capital. Quienquiera que afirme sobre la Naturaleza algo más que, por lo que sabemos, es siempre posible relacionar cada coincidencia únicamente con otra, traspasa los límites de la experiencia. En principio, ésta era la afirmación de Hume, así como la doctrina de Mach, y la misma idea está en la base del juicio de Kirchoff sobre la vaguedad que encuentra inherente a los conceptos de fuerza y de sus efectos. Einstein aceptó por completo este principio y aquí es donde tenemos que buscar principalmente la fuente de la generalización de largo alcance de la idea de la relatividad, que llevó a cabo Einstein en su teoría general» (42, pág. 64). Las físicas clásica y epistemológica cometieron el error de considerar el movimiento mecánico como la explicación de todos los fenómenos. Esto representaba un prejuicio, ya que la mecánica no está más al alcance de los sentidos que la óptica o la acústica. La mecánica se derivó del sentido del tacto, mientras que la óptica nació del sentido de la vista, y, en principio, no importa qué clase de percepción sensorial sea la utilizada por la física como punto de partida (39). Todas aquellas objeciones a la teoría de la relatividad que la acusan de ser inconcebible surgen simplemente porque sus autores están todavía imbuidos con la concepción mecánica del mundo. El progreso de la ciencia radica en ir superando el materialismo mecánico, y la teoría de la relatividad es el último elemento fundamental de ese progreso. Es interesante ver cómo Petzold reserva la teoría de la relatividad para un desarrollo específico filosófico: positivismo. Expone estas ideas en su trabajo *Die Stellung der Relativitätstheorie in der geistigen Entwicklung der Menschheit* (42). En la sección siguiente encontraremos una pretensión similar por parte del neokantismo. No puede negarse que existe cierta justificación en la postura de Petzold, quien instintivamente resalta el carácter fundamentalmente filosófico. La insistencia sobre la observabilidad es típicamente de Mach, y Einstein mismo admite su estrecha relación con Mach. Por ejemplo, Einstein cita (11) el pasaje en el que Mach dice

que una afirmación carece de significación científica si no existe la posibilidad de comprobación. Más aún: Petzold parece estar de acuerdo con la concepción de la causalidad de Einstein (44). Petzold cree que la labor de la explicación causal queda completa una vez que se ha establecido una coordinación funcional única de todos los acontecimientos. En semejante «descripción» pura, conceptos metafísicos, tales como «fuerzas causales que trascienden de los fenómenos», carecen de sentido. Así, para Petzold, la cuestión de una fuerza que origine la contracción de Lorentz no tiene sentido [9]; este fenómeno se explica suficientemente como función del movimiento relativo. La cuestión de si la contracción de Lorentz es «real» o «aparente» es, de igual modo, una pregunta vacía, según Petzold. Para él, «real» significa «observable», y, así, algo que puede ser real para un observador no es real para otro.

Este es el punto en el que el positivismo de Petzold se separa de la teoría de la relatividad. Einstein no sostiene la relatividad de la *verdad* (cf. 45), y únicamente una interpretación positivista unilateral puede encontrar esta afirmación en la teoría. Realmente, Petzold parece ser de la opinión de que la teoría de la relatividad adquiere sentido tan sólo a través del positivismo. En la nueva edición de su libro *Das Weltproblem* (41) Petzold trata de esta materia detalladamente y responde a una observación de Cassirer (41, pág. 208; cf. también la cita de Cassirer en la página 44 de este ensayo) [10]. Cassirer había sostenido que los hechos se determinan objetivamente no por la medida de un *solo* sistema, sino por las medidas de *todos* los sistemas, o descubriendo las fórmulas de transformación que indiquen la relación entre sistemas. Solamente esta relación invariable tiene significación objetiva. Las declaraciones de un solo sistema no proporcionan una descripción del mundo más exhaustiva que la que un plano hace de un edificio.

Petzold, sin embargo, sostiene que son suficientes las medidas de un solo sistema, ya que las medidas de los otros pueden ser derivadas mediante las fórmulas de transformación, y mantiene que la teoría de la relatividad confirma la afirmación de Protágoras sobre el *homo mensura*.

---

[9] V. Laue, por otra parte (32), no quiere excluir las fuerzas causales. Según él, una fuerza causal es simplemente función del sistema de coordenadas y puede existir, por consiguiente, en un sistema de referencia y no en otro. Ahora bien, la diferencia entre V. Laue y Petzold es, probablemente, puramente terminológica.

[10] Escribe: "He sido capaz, en este libro, de incorporar la teoría de la relatividad en la más amplia estructura..., ya que aquí estamos ocupados con el último problema, a saber, el de la naturaleza del universo.

No hay duda de que, en esta controversia, la interpretación correcta es la de Cassirer. Petzold olvida que el conocimiento de las fórmulas de transformación proporciona el elemento que apunta más allá de las medidas de *un solo* sistema. Las fórmulas de transformación no son definiciones vacías, sino descubrimientos empíricos. Expresan relaciones causales entre observaciones de sistemas distintos. Si se nos dan las medidas en *un* sistema, no por ello conocemos las fórmulas de transformación y las medidas en otros sistemas. Es indiferente que se caracterice el estado objetivo de los hechos mediante medidas de todos los sistemas, como hace Cassirer, o mediante medidas de *un* sistema y la adición de las fórmulas de transformación, como hace Petzold. Ambos métodos dicen que el mundo *no se caracteriza exhaustivamente* por la forma en que se ofrece a un observador. *El hecho de que exista una relación funcional entre las medidas de los distintos observadores expresa una característica de la realidad.* La ley de la constancia de la velocidad de la luz significa más que el simple hecho de que la medida de su velocidad mediante varillas rígidas y relojes resulte ser 300.000 kilómetros por segundo en *un* sistema. La relación entre las varillas de medir rígidas y relojes se determina objetivamente tan sólo si añadimos que hemos obtenido también este valor en las mediciones efectuadas con varillas de medir movibles y relojes.

Para una caracterización completa de la velocidad de la luz se requieren las medidas de *todos* los sistemas. Es posible averiguar el valor de la velocidad en sistemas en movimiento mediante la transformación de Lorentz, pero, a la inversa, puede deducirse la transformación de Lorentz del valor de la velocidad de la luz en los diferentes sistemas. Estas declaraciones representan meramente dos descripciones matemáticas distintas de una misma cosa. Petzold dice que el método de la teoría de la relatividad «está de acuerdo con la afirmación de Protágoras, que puede formularse de la siguiente manera: el mundo «es» para cada punto de referencia según «se presenta» desde ese punto, y todos los distintos puntos de referencia son compatibles unos con otros» (41, pág. 208). Los puntos de referencia no son sólo compatibles, sino que su relación está regulada por una ley. Esta relación es accesible al conocimiento y hace que nuestros descubrimientos sean independientes de las limitaciones de un punto de referencia accidental.

Resaltemos a este respecto que no es preciso pensar que sea necesario que un observador en reposo, en un sistema dado, descubra los fenómenos mediante medidas en ese sistema. La terminología de las exposiciones corrientes de la teoría de la relatividad induce a menudo a equívocos. Un observador en movimiento no está obligado a utilizar

precisamente aquellos métodos de medición que resulten más sencillos. Puede, por ejemplo, definir la simultaneidad de forma que corresponda a la simultaneidad de un observador «en reposo». En ese caso, la ley de la constancia de la velocidad de la luz *no* tiene aplicación para él, pero puede, sin embargo, realizar una determinación única de los acontecimientos. La definición de simultaneidad de Einstein no es «más verdadera» que cualquier otra definición; cf. página 56. No existe una descripción del mundo necesaria para un observador dado. Una descripción se determina únicamente después de haber establecido por *definición* ciertos presupuestos métricos de medida. Las fórmulas de transformación que expresan las relaciones entre medidas en todos los sistemas posibles elimina la arbitrariedad de estas asunciones. Las diferencias entre las medidas obtenidas en los distintos sistemas no tienen relación con la *subjetividad del observador*, sino que derivan de la indeterminación del *concepto de medida*. Medir significa *comparar*, y una medida se define únicamente después de haber designado el objeto de comparación. La subjetividad de la percepción es de índole distinta. Incluso «el mundo de un sistema» es un mundo que va más allá de la percepción inmediata y, en consecuencia, contiene elementos arbitrarios. No es posible eliminar estos elementos reduciéndolos a las percepciones inmediatas de *un* observador, sino únicamente determinando las relaciones causales entre las percepciones que resultan de una *variación* de los elementos arbitrarios. Las relaciones causales son las mismas para todos los observadores.

El peligro de interpretar la teoría de la relatividad en términos de una postura filosófica preconcebida se manifiesta en el hecho de que Petzold rechaza ciertas consecuencias relacionadas necesariamente con la teoría. Nos referimos a las asunciones de Einstein relativas al carácter limitativo de la velocidad de la luz y a la limitación del espacio. Petzold se da cuenta de su oposición con respecto a Einstein. Cree que Einstein va más allá del «alcance de los órganos de nuestros sentidos» y que la doctrina de Einstein constituye un «retroceso al error racionalista de Kant», para quien «las cosas tenían que comportarse de acuerdo con la razón» (44, pág. 473); pero la interpretación de Petzold está equivocada y las asunciones de la teoría de la relatividad, que acabamos de exponer, son compatibles incluso con el positivismo de Petzold. Estos teoremas de Einstein no son diferentes, en principio, de las otras doctrinas de la teoría de la relatividad. Representan fenómenos observables. Petzold se opone a la afirmación de que sean imposibles velocidades mayores que la de la luz, basándose en que ésta es una afirmación negativa. Sin embargo, toda afirmación positiva puede trans-

formarse en una negativa. La afirmación a la que se opone Petzold es idéntica a aquella otra afirmación positiva de que cualquier movimiento de un objeto físico necesita una cantidad limitada de energía cinética; para velocidades más rápidas que la de la luz, la energía cinética se convierte en infinita. Esta afirmación es lógicamente del mismo tipo que, por ejemplo, el principio de energía. Este principio afirma que no existe un proceso natural por el cual la energía de un sistema cerrado se incremente. Construcciones similares pueden aplicarse a la limitación del espacio. Si el espacio fuera finito, entonces los rayos de luz volverían a su punto de origen, después de un tiempo finito, sin ser reflejados. El hecho de que este aserto no haya podido ser todavía suficientemente comprobado de una manera experimental y deba ser siempre inferido inductivamente no le quita su carácter empírico. La forma esférica de la otra cara de la Luna sólo puede inferirse inductivamente [11].

El juicio final de Petzold sobre la teoría de la relatividad constituye una concepción equivocada de su carácter lógico. La teoría es decididamente *objetiva*. El escribe: «La búsqueda del absoluto se expresó en la teoría general de la relatividad de una manera completamente innecesaria. Las ecuaciones que describían relaciones naturales y que permanecían no afectadas por las transformaciones arbitrarias de la

---

[11] Petzold comete una falta más respecto de la así llamada paradoja del reloj. Permítaseme referirme de pasada a las correctas y claras exposiciones de Thirring (66) y Bloch (2, págs. 71 y 102). Petzold comete una falta fundamental en su análisis: una coincidencia, esto es, un acontecimiento *(point event)*, no se presta a distintas interpretaciones, sino que es la misma para todos los observadores. Si dos relojes se hallan uno junto al otro y uno de ellos se atrasa en comparación con el otro, dicho reloj está retrasado para cualquier observador. La objetividad de la coincidencia es una asunción de la teoría de la relatividad con la que Petzold mismo está de acuerdo. Existe otra confusión en la crítica de Petzold de los ejemplos mecánicos de la teoría de la relatividad. Rechaza estos ejemplos por razones epistemológicas, ya que son incompatibles con su postura de que es imposible ir más allá de las observaciones según un solo sistema. En estos pasajes (46) él siempre habla de distintos espacios de distintos observadores, mientras que el problema se refiere a diferencias de simultaneidad en un mismo espacio. Los defectos de tales ejemplos consisten en el hecho de que las distancias medidas son tan pequeñas que pueden apreciarse a simple vista. De esta manera, la simultaneidad en el sistema resulta idéntica a la simultaneidad experimentada y la simultaneidad en el otro sistema resulta ser "falsa". Para grandes dimensiones no hay simultaneidad experimentada. Si se pasa por alto la percepción inmediata, posible en pequeñas dimensiones, se puede visualizar fácilmente las condiciones en grandes dimensiones. Desde luego, en el ejemplo, los relojes y varillas de medir deben ser corregidos artificialmente, mientras que tal corrección no es necesaria cuando se utiliza la luz por señal, ya que, una vez determinado el punto cero del tiempo, la corrección tiene lugar automáticamente. Este hecho ilustra el carácter único de la velocidad de la luz.

teoría se consideraron como invariables absolutas, leyes absolutas de la Naturaleza, si no de una manera explícita, por lo menos tácitamente, en términos de conceptos subyacentes» (41, pág. 214). La palabra «absoluto» se presta a interpretaciones erróneas. Sin duda alguna, las ecuaciones invariables *hacen que las leyes sean independientes de las condiciones de la medición.* Si se conocen estas condiciones en una medición particular entonces esa medición está relacionada con todas las mediciones posibles en virtud de las ecuaciones invariables. En este sentido, y únicamente en éste, puede considerarse la medición como absoluta. Unicamente en este sentido el principio de la luz de Einstein —contrario a la concepción de Petzold— constituye una verdad absoluta. Su forma específica, la constancia de la velocidad de la luz, depende de ciertas condiciones de medida que, sin embargo, pueden ser formuladas con exactitud.

El punto de vista de Mach relativo a la teoría de la relatividad es de especial interés para Petzold, quien publicó un análisis bastante extenso del mismo en la octava edición de *La ciencia de la mecánica,* de Mach (40). Está de acuerdo con Einstein en que Mach estuvo a punto de descubrir la teoría de la relatividad, aun resaltando que la orientación epistemológica de Mach perjudicó su trabajo productivo físico y matemático. «La teoría de Einstein no es simplemente una continuación de la de Mach. Esta última dirige tanto su atención sobre el sistema de estrellas fijas, que Einstein tuvo que emanciparse de esta idea antes de que pudiera expresar los aspectos fundamentales de los experimentos de Fizeau y Michelson de la forma más económica... Pero los físicos tienen razón cuando no ven ninguna contradicción entre los puntos de vista de Mach y las implicaciones de la teoría de la relatividad en la física teórica» (40, págs. 501-502). Resulta afortunado que Petzold, que es un intérprete tan competente de las ideas de Mach, subraye este hecho de un modo tan vigoroso.

Dingler tiene mucho más derecho que Petzold a denominarse discípulo de Mach. Mach asignó a Petzold la tarea de publicar una nueva edición de su *Mecánica,* mientras que en el prefacio de este libro hace recaer sobre Dingler la responsabilidad del desarrollo posterior de su filosofía del espacio y el tiempo. Según la declaración de *Los principios de la física óptica,* antes citada (pág. 26), apenas se puede dudar de que el filósofo de setenta y cuatro años no hubiese estado de acuerdo con el abandono por parte de Dingler de la teoría de la relatividad. Cuando Petzold trata de mostrar que Dingler ha abandonado la concepción de Mach —él ve en las teorías de Dingler una falsa interpretación del principio de la economía de Mach (40, pág. 503)—,

Dingler está autorizado a citar la última declaración de Mach en su defensa. Es trágico que Dingler pueda alegar esta justificación. Nadie que haya leído sin ideas preconcebidas el excelente análisis crítico de Mach de la mecánica clásica puede dudar de que el joven Mach, el dotado crítico de Newton, se hubiese convertido en un defensor convencido de la teoría de Einstein. Sucede frecuentemente que el autor de una idea revolucionaria se aparta voluntariamente de aquellos que tratan de profundizar y desarrollar dicha idea. Parece que Mach agotó sus esfuerzos revolucionarios en esta única realización y se insensibilizó para los atrevimientos imaginativos de otros. Al parecer, el efecto liberador de una idea fructífera consiste para su creador más en la intensidad con que la ha producido que en su contenido. ¡Cuánto más pronunciada debe ser esta actitud cuando la edad y la enfermedad le impiden a uno compartir el entusiasmo de otros pensadores! «Yo —con setenta y cuatro años, y quebrantado por una grave enfermedad— no ocasionaré más revoluciones» (36, prefacio). Tampoco podía él participar otra vez en una revolución, y, sin embargo, nadie que vea en la teoría de Einstein el ingenioso complemento de aquellas ideas que Mach había sólo adivinado sentirá menos estima por Mach debido a estas circunstancias. Es muy lamentable, sin embargo, que Dingler haga enfrentarse al Mach de setenta y cuatro años contra el joven autor de *La ciencia de la mecánica.*

La crítica de Dingler de la teoría de la relatividad muestra tan poco conocimiento de las ideas de Einstein que su evaluación de la actitud de Mach hacia Einstein no puede ser tomada literalmente. Dingler se ha ocupado de la teoría de la relatividad en numerosas publicaciones (cf. 6, 7), siendo sorprendente el dogmatismo que revelan. Dingler cree que ha encontrado un método completamente nuevo para la filosofía de la ciencia, consistente en describir el mundo de los fenómenos naturales en términos de ciertos principios lógicos. No puede haber contradicciones a esos principios, ya que todas las experiencias son interpretadas nuevamente hasta que se conforman a dichos principios. La idea de Dingler no es esencialmente nueva. Kant mantuvo también que la experiencia nunca contradice los principios de la razón, ya que sólo puede adquirirse la experiencia mediante su ayuda. Pero la aserción de Dingler es completamente *falsa.* No puede probarse que la totalidad de estos principios jamás serán contrarios a la experiencia, dado que estos principios pueden estar *predeterminados* para la interpretación de la experiencia. Para Kant la consistencia se garantizaba, hasta cierto punto, por el hecho de que los principios se derivaban de la razón y se pensaba que ésta era ordenada. Sin embargo, esta presu-

posición necesaria de una filosofía *a priori* ha resultado ser injustificable, como he demostrado en otra publicación (47, apartado IV). No existe absolutamente razón alguna por la que los principios de Dingler permitan una consistente interpretación de la experiencia, ya que su origen sigue siendo oscuro.

Dingler sostiene que la teoría de la relatividad es falsa porque utiliza la noción del espacio no euclidiano, y uno de los principios de Dingler es el de que el espacio es euclidiano. Se supone que el espacio euclidiano es *más sencillo* que el no euclidiano. Dingler pasa por alto el hecho de que «sencillo» es un concepto relativo, y que el problema consiste en si el sistema total de física correspondiente se hace más sencillo. Según Dingler, un cuerpo rígido es euclidiano necesariamente, ya que se define en términos de geometría euclidiana. No admite que existan otras definiciones de *cuerpos rígidos*. Se supone que es imposible demostrar que el espacio no es euclidiano, ya que tal demostración presupone el espacio euclidiano. He contestado a esta objeción (y a varios otros malentendidos) en otra publicación (52). Puede demostrarse perfectamente que el espacio no es euclidiano, incluso asumiendo en primer lugar que sí lo es. Si, asumiendo que $A = B$ se puede derivar, con ayuda de otras afirmaciones, que «$A \quad B$», esto es una contradicción y, por tanto, «$A \neq B$» ha de ser cierto. Si se quiere probar positivamente que el espacio tiene cierta estructura no euclidiana se puede utilizar el *método de aproximación sucesiva*, aceptando la geometría euclidiana como aproximación respecto de dimensiones pequeñas.

Las objeciones de Dingler no entorpecieron seriamente la teoría de la relatividad y no puede decirse que su elaboración de las ideas de Mach haya sido fructífera. Las objeciones de F. Adler presentan mayores dificultades (1). Adler no comienza con objeciones epistemológicas y aquí radica su fuerza. Quiere investigar solamente si los datos experimentales utilizados por Einstein —los experimentos de Michelson y de Fizeau— conducen necesariamente a la teoría de la relatividad. Limita su análisis a la teoría especial de la relatividad. No sólo llega Adler a la conclusión de que la teoría de Einstein no es una consecuencia *necesaria* de los experimentos —ningún científico sostendría que fuera una consecuencia necesaria, ya que no se puede derivar deductivamente ninguna teoría de las observaciones—, sino que afirma que la teoría de Einstein es *falsa*. No es éste el sitio para tratar de estos problemas en detalle, ya que nos obligaría a introducirnos profundamente en problemas especiales de la física; en otro lugar (54) he ofrecido una refutación de las principales tesis de Adler. Otra alegación de Adler, que le critiqué en una carta personal, fue abandonada finalmente por él.

Sin embargo, es interesante, desde el punto de visto filosófico, el hecho de que motivos epistemológicos hayan inducido recientemente a Adler a rechazar la teoría de la relatividad. Cree que es imposible obtener el valor *c* de la velocidad de la luz mediante un reloj que se mueve; llama a tal resultado un «milagro de la Naturaleza» (1, pág. 176), y pide que la teoría física abandone esta idea. Cree, sin embargo, que existen razones válidas para afirmar que relojes transportados por distintos recorridos se sincronizarán de nuevo una vez se vuelvan a reunir (1, pág. 208). No ofrece ninguna justificación adecuada de esta afirmación. Con igual motivo podría verse un milagro de la Naturaleza en el hecho de que los relojes puedan ser transportados sin sufrir trastornos. ¿Qué relación misteriosa regula los períodos de los relojes de tal modo que permanecen *idénticos?* No tiene ningún sentido imponer a la Naturaleza reglas que derivan de la razón humana. Cualquiera de las dos asunciones es posible y sólo la experiencia puede decir cuál de ellas corresponde a la realidad. Más aún: yo fui capaz de demostrar (54) que ambas asunciones no se excluyen mutuamente, sino que son compatibles desde el punto de vista lógico. El retraso de los relojes al ser transportados se sigue tan sólo si se aceptan otras asunciones de la teoría de Einstein.

Los escritos de Adler no muestran una relación definida con los de Mach, pero se puede ver quizá un hálito del espíritu de Mach en la admiración que este representante de las doctrinas de Mach expresa por Einstein.

3. LA CONCEPCIÓN NEOKANTIANA

Es extraño que escuelas tan divergentes como el positivismo de Mach, por una parte, y el neokantismo, por otra, puedan interpretar la teoría de la relatividad de acuerdo con su propia epistemología y que cada una de ellas esté justificada, hasta cierto punto, en hacerlo así. Mientras que el derecho del positivismo a interpretar la teoría de la relatividad se basa en la restricción relativista respecto de las cosas observables, el del kantismo se basa en la interpretación que la teoría de la relatividad hace respecto de las cosas inobservables, espacio y tiempo. El problema fundamental de la epistemología kantiana es el de investigar cómo pueden llevarse a cabo afirmaciones sobre estas dos formas inobservables de presentación de los fenómenos, pero el pecado de omisión de Kant fue el de aceptar sencillamente, sin crítica, el contenido de tales afirmaciones. Dado que esta falta se había deslizado inadver-

tidamente en la filosofía neokantiana, el neokantismo tenía todas las razones para investigar la teoría física que había combatido con éxito inigualable el *contenido* de la teoría clásica del espacio y del tiempo. Así surgió el problema de si el análisis del contenido de las afirmaciones sobre el espacio y el tiempo conduciría a la confirmación o a la refutación de la filosofía de Kant sobre las formas de los fenómenos.

Es posible defender la filosofía de Kant en relación con la teoría de la relatividad, demostrando que los objetos a que se refiere la teoría de la relatividad son *distintos* de aquellos a que se refiere la estética trascendental. Sería vano que el filósofo dudara de la exactitud de la teoría física, pero la doctrina de la intuición pura de Kant nos autoriza a restringir las afirmaciones epistemológicas a un dominio aislado que existe independientemente de la existencia. Este punto de vista tiene como representantes a los kantianos radicales, entre los que citaré a Sellien, Ilse Schneider y Leonore Ripke-Kühn [12]. Los kantianos radicales no quieren admitir que la teoría de Einstein se refiera al contenido de la intuición del espacio y del tiempo. Mantienen que la teoría se refiere sólo a la *medida* de las magnitudes del tiempo y del espacio, pero no al espacio y al tiempo en sí.

Sellien procede dogmáticamente en su justificación. «Dado que en la naturaleza de la geometría está el referirse a la intuición 'pura' del espacio, la experiencia no puede influir en absoluto en la geometría. Por el contrario, la experiencia resulta posible a través de la geometría. En estas condiciones, la teoría de la relatividad no tiene derecho a afirmar que la geometría 'verdadera' no es euclidiana. En el mejor de los casos puede decir: las leyes de la Naturaleza pueden expresarse convenientemente de una forma muy general cuando las hacemos basar en relaciones métricas no euclidianas» (63, pág. 48). Escribe sobre el tiempo de una forma semejante: «En primer lugar, es un hecho que la teoría de Einstein no puede ocuparse del tiempo puro como una forma de intuición». Si se *define* la intuición pura de tal modo que no pueda ser afectada por la experiencia, esta afirmación es verdadera, pero no cabe admitir que tan vacía definición constituya doctrina kantiana. Para Kant la intuición pura no está divorciada de la intuición empírica, sino que la intuición pura es la forma de la intuición empírica y de aquí que ésta venga determinada por aquélla.

El significado profundo de su teoría radica en que no da por supuestos sus principios *a priori*, sino que los deduce de la posibilidad

[12] L. Ripke-Kühn no entiende mucho acerca de la teoría de la relatividad, pero, por lo menos, es lo bastante honrada para rechazarla sin reservas.

de la experiencia. Ilse Schneider no ha tenido en cuenta tampoco *este* aspecto de la filosofía trascendente. Me acusa de que mi crítica del *a priori* kantiano no «corresponde al significado de la filosofía trascendente resaltado por Kant» (61, pág. 73); pero, si buscamos este significado en sus escritos, nos encontramos con la alegación de que «las leyes generales y los conceptos *a priori* son inmutables» (61, pág. 17). Admito que éste es un aserto de la filosofía trascendente, pero este aserto no agota su significación. Esta es precisamente la razón por la que he criticado a la filosofía trascendente. Kant no quiere decir simplemente que las leyes generales *a priori* sean correctas —esto sería trivial—, sino que el conocimiento empírico no puede prescindir de ellas. La teoría de la relatividad, a su vez, es una teoría empírica que *no* utiliza las leyes *aprioristicas* del espacio y del tiempo. Esta teoría enseña que es posible alcanzar conocimiento empírico mediante condiciones de experiencia *distintas* de las kantianas. Si, a pesar de este hecho, se quiere defender la filosofía del espacio y del tiempo de Kant se tendría que demostrar que la validez de las formas de la intuición pura de Kant ha de ser presupuesta en toda aplicación de la geometría no euclidiana y del tiempo relativista. Los neokantianos no han intentado nunca realizar tal demostración. Se limitan a afirmar dogmáticamente que una teoría empírica no *puede* afectar a la intuición pura. En ningún lugar tratan de relacionar el vacío e intocable *a priori* con el mundo de la experiencia, con el conocimiento empírico. Tal demostración sería imposible. Indudablemente, se puede llegar a un conocimiento perfectamente adecuado de la relatividad de la simultaneidad sin necesidad de presuponer la simultaneidad absoluta[13]. No podemos impedir a nadie que afirme que la simultaneidad absoluta existe, aunque no se puede conocer, pero no debemos creer que el tiempo absoluto es una condición de la experiencia. Kant mismo había rechazado tal «quimera», ya que mantuvo que las formas de la intuición no sólo eran productos de la razón, sino presupuestos del conocimiento. Consideraciones similares se aplican al espacio euclidiano. No es necesario presuponer el espacio euclidiano a fin de comprender el espacio no euclidiano. Se podría, sin embargo, intentar demostrar que es necesario presuponer el espacio euclidiano, refiriéndose al hecho de que el espacio de Riemann con-

[13] Schlick ha explicado de una manera semejante (58, pág. 162) que el tiempo absoluto de Kant no es un presupuesto lógico del tiempo de Einstein. Me gustaría referirme, por tanto, a esta publicación poco conocida de Schlick, escrita en una época tan temprana como 1915.

tiene el espacio euclidiano como un elemento diferencial [14]. Sin embargo, el espacio euclidiano de Kant se utiliza para afirmaciones sobre dimensiones finitas, y, como tal, *no* constituye un presupuesto del espacio de Riemann. La teoría de la relatividad ha producido un sistema científico *sin* presuponer las formas kantianas de intuición, y de este modo, el espacio euclidiano y el tiempo absoluto no gozan ya de la posición única que Kant les asignó.

No se puede sostener que Kant considerase las formas de la intuición pura como estructuras más generales y que no se restringió a las formas específicas que hemos mencionado. Para Kant resultaba una idea natural la de que la intuición pura es idéntica al espacio euclidiano y al tiempo absoluto. Cuando manifestó que la determinación del tiempo empírico constituía un problema empírico no quiso decir que se debiera permitir a la física la elaboración de cualquier clase de definición de uniformidad o simultaneidad. Quiso decir que la labor de determinar el mecanismo físico que corresponde mejor al tiempo absoluto y uniforme, y de indicar el procedimiento empírico mediante el que se mide la simultaneidad absoluta de la manera más precisa, es empírica. No se le ocurrió que cualquier intervalo de tiempo dado puede *definirse* con igual justificación como una medida de uniformidad. Pudo haber conocido que *cinemáticamente* no existe necesidad de elegir una definición particular, pero creía demasiado firmemente en la teoría de Newton-Euler para no considerar la ley de la inercia como un criterio que facilitaba una determinación *dinámica* aproximada del tiempo absoluto. Ciertamente, no se debe interpretar a Kant de modo tan ingenuo como para creer que tomó la experiencia psicológica del tiempo como base para la determinación del tiempo absoluto y uniforme. El vio que sólo podría llevarse a cabo una determinación aproximada del tiempo absoluto mediante leyes físicas, esto es, acudiendo al conocimiento sistemático. Pero Kant no pudo saber que la totalidad de las leyes físicas *no* proporciona tal determinación, y que las leyes conservan su estructura cuando se cambia la métrica del tiempo arbitrariamente, ya que

---

[14] Esta idea se contiene en la interesante publicación de Bollert (3, págs. 62-65), que muestra un claro conocimiento de la física. Bollert admite que su interpretación se desvía de la doctrina específica de Kant sobre el espacio (cf. prefacio). Sin embargo, debo objetar a su idea de que la unicidad diferencial del espacio euclidiano constituya una *necesidad eterna*, esto es, un juicio sintético *a priori*. Es concebible que la geometría euclidiana pueda perder su posición única algún día y quizá existen ya síntomas de esta evolución en la teoría del *quantum*. Yo he rechazado anteriormente esta justificación por apriorística (47, págs. 30 y 76); debo rechazar también la defensa del concepto de sustancia de Bollert, defensa que yo había ya predicho (47, pág. 75). Es interesante señalar la exposición de Bollert de los grados de objetivación.

esto no se conoció hasta que Einstein desarrolló la teoría de la relatividad. Las mismas consideraciones pueden aplicarse al espacio de la intuición pura, que Kant tomó como el espacio euclidiano. Es inútil demostrar por medio de citas de *Die metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft* --como hace Ilse Schneider (61, pág. 69)— que Kant había considerado ocasionalmente la posibilidad de construir geometrías pluridimensionales. Consideré tal filosofía como un sistema *conceptual*, «una geometría capaz de ser construida por una mente finita» (61, página 69). De otro modo se contradiría con la *Crítica de la razón pura* donde considera estas geometrías como formas posibles de la intuición pura. La *Crítica* comienza por preguntar la fuente de la certeza apodíctica con la que afirmamos los axiomas geométricos. La respuesta de Kant es que la intuición pura nos obliga a aceptar estos axiomas. ¿Cuál sería la significación de esta respuesta si la misma intuición pura nos obligase a negar la verdad de estos axiomas? Desaparecería la certeza en la elección de los axiomas, y los juicios sintéticos *a priori* sobre el espacio serían imposibles. La intuición pura de Kant *no* es compatible con la doctrina del espacio y el tiempo de la teoría de la relatividad. Algunos neokantianos intentan eliminar esta incompatibilidad citando fragmentos elegidos cuidadosamente. Ciertamente, se rendiría mejor tributo a Kant si, a la vista de la física moderna, se abandonase el contenido de sus proposiciones y, siguiendo el gran plan de su sistema, se buscasen condiciones de experiencia en nuevos terrenos, en lugar de adherirse dogmáticamente a sus afirmaciones específicas. No puede ya defenderse, por reverencia, toda palabra de Kant cuando una nueva ciencia física llama a la puerta de la filosofía.

El gran mérito de Cassirer es el de haber despertado al neokantismo de su «sueño dogmático», mientras que otros adeptos tratan de protegerlo cuidadosamente contra toda perturbación originada por la teoría de la relatividad. No es ninguna casualidad que esta labor le incumbiese a Cassirer. Quienes han considerado el desarrollo de las ciencias naturales como un desarrollo hacia una mayor claridad conceptual verán en la teoría de la relatividad el último y más profundo avance en esta dirección y, por tanto, no dudarán en poner al descubierto estas ideas en la filosofía de Kant, que estuvo condicionada por su tiempo y que ha sido superada en el curso del proceso evolutivo. En la crítica del conocimiento de Kant tenemos que distinguir el método de formular preguntas, el «método trascendente», de las respuestas específicas que Kant da a cuestiones particulares. Es posible rechazar determinadas respuestas sin abandonar el método crítico en sí. Yo veo el mérito de Cassirer en

el hecho de que procedió de esta manera y no eludió la física moderna como los otros kantianos. Su trabajo (5) es la obra maestra de exposición de un historiador a quien el análisis sistemático proporciona amplitud de miras, y cuya competencia superior carece de dogmatismo. Cada una de sus frases hace patente un dominio del análisis crítico, que no está dirigido a una *preservación de las doctrinas de Kant*, sino a una continuación de sus métodos. El método trascendente busca los presupuestos del conocimiento y si el sistema de conocimiento ha cambiado desde Kant los presupuestos del conocimiento de Kant deben entonces ser corregidos. No hay duda de que, entonces, se puede resolver la contradicción existente entre Kant y Einstein.

Cassirer, por tanto, abandona la idea de interpretar la intuición pura en el sentido de Kant. Separa la métrica de la intuición y toma la intuición pura como la ley general de coexistencia, mantenida incluso por la geometría de Riemann. Según Cassirer, los axiomas métricos no son ya dictados por la intuición pura. Riemann comenzó por buscar el tipo más general de posibles expresiones tridimensionales; en este supuesto, el espacio plano euclidiano resulta ser un caso especial derivado de una cierta forma de la métrica. Si se toma esta estructura general de Riemann, que tiene ciertas propiedades de continuidad y orden, pero que deja abierta la elección del sistema de medida como el espacio de la intuición pura, desaparecen todas las contradicciones con la teoría de la relatividad. Cassirer se da cuenta de su desvío de Kant, aun cuando consigue suavizar su rechazo de la vieja teoría mediante una interpretación muy amplia. Escribe: «El significado más general de este término (intuición pura), al que no siempre se atiene Kant, ya que sin advertirlo da al término significados y aplicaciones más específicas, es simplemente el de orden de coexistencia y de sucesión. No presupone nada referente a las relaciones métricas particulares que gobiernan cada uno de esos órdenes» (5, pág. 85). Los estrechos requisitos del espacio euclidiano y el tiempo uniforme se sustituyen por la regla general de la teoría de la relatividad de que todas las determinaciones métricas han de ser equivalentes y relacionadas únicamente entre ellas. Esta regla determina una expresión definida, pero de un tipo mucho más general que la determinada por las leyes de la intuición pura de Kant. «Es verdad que hemos ido más allá de Kant. El estableció sus analogías de la experiencia de acuerdo esencialmente con las tres leyes fundamentales de Newton» (5, pág. 82). La aceptación de la teoría de la relatividad requiere, por tanto, una modificación en la doctrina de la

intuición pura de Kant [15]. No hay que olvidar que la modificación exigida por la teoría de la relatividad no sólo es consistente con la filosofía kantiana, sino que, en cierto modo, sirve para complementarla. La gran contribución de Kant fue la de haber señalado que el espacio y el tiempo no tienen realidad física, sino que constituyen simplemente leyes estructurales del conocimiento. Puede decirse que la concepción de la idealidad de las formas de intuición encuentra su expresión matemática en el principio de la relatividad general [16].

En otro lugar (47, pág. 8) he expresado mi asombro de que el principio de la relatividad no hubiera sido expuesto mucho tiempo antes que Einstein por la filosofía de signo kantiano. Cassirer tiene razón cuando escribe: «Si Einstein ve la característica esencial de la teoría de la relatividad en el hecho de que despoja al espacio y al tiempo de los «últimos vestigios de materialidad física», abre el camino a la aplicación definitiva de la filosofía del idealismo crítico y a su desarrollo dentro de la ciencia empírica» (5, pág. 79). En este contexto la filosofía de Kant es más compatible con la teoría de Einstein que con la de Newton, y es sorprendente que Kant no se diera cuenta de que sus puntos de vista eran intrínsecamente incompatibles con los de Newton. Cassirer puede considerarse con derecho como el sucesor de Kant, cuando niega que la intuición pura determina una métrica y alega que la geometría no euclidiana es más apropiada que la euclidiana para las cosas de la experiencia. La teoría de la relatividad se limita a afirmar la mejor adecuación de la geometría no euclidiana; una física euclidiana es también posible, pero el carácter euclidiano desaparece cuando se define la congruencia de dos segmentos como coincidencia con la misma varilla de medir rígida. Escribe Cassirer, influido por la idea de la «naturalidad» de la geometría no euclidiana: «La ventaja real de la geometría euclidiana parece consistir, a primera vista, en su concreción y plausibilidad intuitiva, comparadas con las cuales todas las «pseudogeometrías» se convierten en vacías «posibilidades» lógicas. Estas posibilidades existen únicamente en teoría, no en la práctica. Parecen una comedia vacía con conceptos que pueden ser dejados al margen cuando nos ocupamos de la experiencia y la «naturaleza», esto

---

[15] Dado que Cassirer expresa esta concepción de una manera tan clara en los pasajes citados, es difícil de entender por qué afirma en otro lugar (5, pág. 75) que la teoría de la relatividad se refiere sólo a la intuición *empírica*, y por qué, incluso, está de acuerdo con Sellien. Si, a la vista de la teoría de la relatividad, la intuición pura ha de cambiarse, no es posible restringir esta teoría a la intuición empírica.

[16] No hay que olvidar que, en otro sentido, la teoría de la relatividad abandona la idealidad del espacio.

es, la unidad sintética de la ciencia empírica. Este punto de vista se altera, de modo extraño y paradójico, si lo volvemos a concebir partiendo de nuestras primeras consideraciones. Resulta que el espacio puro euclidiano se separa más de los requisitos fundamentales de la ciencia física empírica que los espacios no euclidianos. Se debe precisamente a que el espacio euclidiano constituya lógicamente la forma más simple de espacio, el que no se adapte a la complejidad inherente a la estructura física del mundo» (5, pág. 113).

La teoría de la relatividad es una confirmación de las doctrinas kantianas y neokantianas en otro sentido más: presta soporte al análisis del *concepto de objeto* de Kant. En contraste con el realismo ingenuo, Kant sostiene que un objeto físico no es una cosa dada directamente, sino que se *define* por leyes físicas durante el proceso de adquisición del conocimiento. Así, Cassirer habla de magnitudes más bien que de objetos, y considera como característica primera del desarrollo científico que los conceptos de los objetos estén siendo eliminados continuamente por los conceptos de magnitud. Los significados de «temperatura», «átomo» y «masa» no se dan intuitivamente, sino que se determinan sólo por la totalidad de las leyes físicas. En consecuencia, la «verdad» para la ciencia natural no significa correspondencia con un objeto —lo que sería un requisito imposible—, sino la consistencia interna del sistema conceptual (Schlick llama a esto la «unidad de la coordinación»). De este modo se supera el materialismo mecanicista, y Cassirer señala, en una exposición magistral, que la teoría de la relatividad debe entenderse a la luz de este desarrollo. Esta formulación crítica del concepto de verdad aclara por fin el significado del principio de la relatividad. La teoría de la relatividad no implica la subjetividad de la verdad. Creer esto supondría interpretar de una manera totalmente errónea las referencias frecuentes de Einstein a «los resultados de la medición para un observador». Además de las «medidas de un solo sistema» existen fórmulas de transformación para todos los demás sistemas y se requieren ambos componentes para determinar el estado invariable de los hechos que puede ser descrito en los diversos idiomas de los distintos sistemas, pero que tiene una existencia objetiva. Cassirer tiene razón cuando critica a Petzold: «A este respecto, el principio físico de la relatividad tiene poco más en común que el nombre con el «positivismo relativista», al que se ha comparado. Si se ve en él un resurgimiento de la filosofía de los antiguos sofistas, una confirmación del principio de Protágoras de que «el hombre es la medida de todas las cosas», se confunde su contribución esencial. La teoría de la relatividad no afirma que la verdad sea lo que al individuo le parece que es verdad. Por el

contrario, nos advierte que no consideremos aquellas proposiciones, que sólo son valederas en un sistema, como verdades en sentido científico, esto es, como definiciones de las últimas y comprensivas leyes empíricas. Las leyes no se descubren ni se confirman mediante observaciones y medidas verificadas en un sistema individual, ni incluso mediante las verificadas en un número dado en tales sistemas, sino mediante la coordinación mutua de los resultados obtenidos en todos los sistemas posibles» (5, pág. 56). (Cf. también la pág. 29 de este ensayo.)

Es notable que la teoría de Cassirer, derivada de su crítica histórica, coincida con el concepto de objetividad de la teoría de la relatividad.

Me gustaría concluir el examen del kantismo de Cassirer con una crítica de su brillante y excelente trabajo; crítica que hace mucho tiempo que estoy queriendo efectuar. Con la eliminación de la métrica de la intuición pura, ciertos axiomas de la teoría del espacio y el tiempo, los axiomas métricos, se han visto despojados de su carácter de juicios sintéticos *a priori*. Si un juicio y su contrario son aceptables a la vez a la razón —y la geometría de Riemann, por ejemplo, acepta el rechazo del axioma de las paralelas de Euclides—, entonces ese juicio no puede ser considerado ya como sintético *a priori*. Sin embargo, Kant tomó como punto de partida la creencia en los juicios sintéticos *a priori* y consideró como el principal resultado de un método trascendente la demostración de la aplicabilidad eterna de tales juicios a la ciencia. Si algunos de estos juicios han perdido ahora su privilegiada posición se ha destruido algo más que estos simples juicios: se ha minado la *certeza del método trascendente* y no existen garantías de que axiomas hasta ahora inalterados continúen siendo válidos en el futuro. Si la física, bajo la influencia de la teoría del quantum, concibiese el espacio como la expresión de un discreto (cuestión ésta que no puede decidirse de momento), el concepto de la intuición de Cassirer requeriría una extensión adicional. En tales condiciones, un espacio continuo, liberado de la métrica, no constituiría una estructura adecuada para la realidad empírica. En mi opinión, se debería renunciar a la certeza apodíctica de todas las formulaciones sobre las formas del conocimiento. En otro lugar he dicho que no resulta imposible por ello la epistemología, cuyo cometido, como método de análisis científico, consiste en el descubrimiento de aquellos principios del conocimiento que rigen en un tiempo determinado. No debe afirmarse que, dado que la equivalencia lógica de todas las geometrías deja inalterada la consistencia interna de la geometría euclidiana, la validez de los juicios sintéticos *a priori* permanezca incólume. Este recurso al convencionalismo está negado al kan-

tismo. La consistencia interna de la geometría es *analítica*. El convencionalismo admitiría todos los sistemas conceptuales *consistentes lógicamente* como posibles formas estructurales de conocimiento empírico, pero la significación de los principios sintéticos *a priori* consiste en el hecho de que constituyen una elección específica entre las posibilidades *lógicas*. De un modo similar, la ley de la causalidad no es necesaria *lógicamente*, puesto que, desde un punto de vista lógico, son posibles acontecimientos sin causa. Según Kant, los acontecimientos sin causa se excluyen por un procedimiento «sintético *a priori*». Si la expresión «sintético *a priori*» no significa más que «consistente internamente», los kantianos tendrían que admitir que, en algún tiempo futuro, podríamos llegar a conocer los acontecimientos sin causa. Ahora bien, de acuerdo con tal interpretación, los principios sintéticos *a priori* degenerarían, en último término, en fórmulas vacías que no impondrían límite alguno a la experiencia. Esta es la razón por la cual la eliminación de la métrica de la intuición pura conduce al abandono de los juicios sintéticos *a priori*.

Cassirer resolvió la contradicción entre la epistemología de Kant y la teoría de la relatividad, ampliando el concepto de intuición pura. Estoy de acuerdo en que, de esta manera, la filosofía de Kant se hace compatible con la física actual; o que esta consistencia se alcanza con el menor número de alteraciones en la filosofía de Kant y que existen incluso determinadas doctrinas en el kantismo que apuntan a tal reconciliación (por ejemplo, la idealidad de las formas de intuición). Sin embargo, mantengo que tal modo de proceder equivale a negar los principios sintéticos *a priori*, y que no existe otra salida sino renunciar al carácter apodíctico de las afirmaciones epistemológicas [17].

4. LA CONCEPCIÓN RELATIVISTA

Bajo este epígrafe quiero exponer una postura que se adhiere muy estrechamente al contenido físico de la teoría de la relatividad y se apoya en los escritos de Einstein. Su objetivo no es el de incorporar la teoría a algún sistema filosófico, sino formular las consecuencias filosóficas de la teoría con independencia de cualquier punto de vista, y asimilarlas como parte permanente del conocimiento filosófico.

---

[17] Schlick ha formulado también esta objeción contra Cassirer (57), y para una exposición detallada refiero al lector a este trabajo y también a mi libro *Relativitätstheorie und Erkenntnis apriori* (47). Mi libro fue escrito sin conocer la obra de Cassirer y, por tanto, formulé esta objeción directamente contra Kant.

Sería erróneo decir que la contribución de Einstein consiste sólo en la formación de una teoría *física*. Einstein ha tenido siempre presente el hecho de que su teoría está basada en un descubrimiento *filosófico*. El punto de partida de la teoría especial de la relatividad —la contradicción entre dos experimentos ópticos— era un problema de *interpretación*, no un problema de descubrimiento. Los dos experimentos ópticos [18] eran contradictorios sólo porque faltaba un principio unificador. El descubrimiento *físico* se completó al llevar a cabo los experimentos y, sin embargo, faltaba todavía el descubrimiento *lógico* de su explicación. Cada teoría física es, desde luego, una realización *lógica*, ya que establece las relaciones teóricas entre hechos observados. Sin embargo, en este caso, todos los métodos lógicos conocidos parecían fracasar. Lorentz había construido su teoría dentro de la estructura de los métodos tradicionales, pero esta misma teoría había conducido a un nuevo enigma: la contracción de las varillas rígidas.

No quiero sugerir que la contracción, en la teoría de Lorentz, contradiga el principio de causalidad (ésta es, ciertamente, una explicación funcional); la paradoja radica en el hecho de que, dada la contracción, se dice que todos los efectos derivados del éter son *cuantitativamente de tal clase que no puede observarse el movimiento en relación con el éter*. La física no puede considerar tales efectos como accidentales. Debe buscar la explicación de esta *consistente inobservabilidad*. La importancia de la solución de Einstein radica en el hecho de que explica esta inobservabilidad mediante el principio de la relatividad, abandonando en este caso la idea de que el éter corpóreo pueda servir para determinar un estado de movimiento.

Según Ehrenfest (9, pág. 19), la teoría de Einstein combina las siguientes afirmaciones:

I. Las fuentes de la luz nos envían sus señales luminosas como fenómenos independientes a través del espacio vacío.

II. Si se miden las velocidades de los rayos de luz desde una fuente que se mueva hacia nosotros, y desde una fuente en reposo, se observará que son las mismas.

III. Nos declaramos satisfechos con la combinación de estos dos asertos.

La postura de Ehrenfest va derecha al núcleo de la teoría, pero «la combinación de los dos asertos» únicamente se entiende si asumimos la definición de simultaneidad de Einstein. La medida de la velocidad de la luz presupone la definición de simultaneidad. Si esta definición

---

[18] El de Michelson y el de Fizeau; cf., por ejemplo, la exposición de Bloch (2).

no es la misma para observadores que se mueven a distintas velocidades, entonces II no contradice a I, esto es, la constancia de la velocidad de la luz II no contradice el principio de la relatividad I, ya que I implica el abandono del éter corpóreo. Lo contradicción entre los experimentos ópticos no podía ya ser resuelta dentro de la estructura de los conceptos epistemológicos tradicionales y se necesitaba un análisis filosófico de los conceptos del espacio y el tiempo con objeto de construir la física relativista.

Einstein mismo advierte el carácter filosófico de su análisis. Compárense sus observaciones relativas a la ya expuesta contribución de Mach, contenidas en su escrito necrológico por Ernst Mach: «Aquellos conceptos que han probado ser útiles para una descripción sistemática de las cosas adquieren fácilmente tal autoridad sobre nosotros que olvidamos su origen humano y los aceptamos como entidades inmutables. De este modo se califican de «presupuestos lógicamente necesarios», «dados *a priori*», etc. El camino del proceso científico se ve a menudo obstruido durante mucho tiempo por tales errores. Por tanto, no es una labor sin sentido la de entrenarnos en analizar conceptos familiares y averiguar cuáles son las condiciones de su justificación y utilidad, y, en particular, cómo se han derivado de los fenómenos dados de la experiencia. Así se quebranta su excesiva autoridad; o bien se eliminan si no tienen justificación; se corrigen, si su coordinación con los fenómenos dados no es exacta, y se sustituyen, si puede vislumbrarse un nuevo sistema que sea preferible por ciertas razones. Estos análisis parecen a menudo innecesarios, artificiales e incluso ridículos, al científico especializado que está más interesado en problemas particulares. La situación cambia, sin embargo, cuando uno de los conceptos utilizados tradicionalmente ha de ser remplazado por otro más riguroso al requerirlo así el desarrollo de la ciencia respectiva. Entonces, aquellos que no han cuidado sus propios conceptos protestan enérgicamente y se quejan de una amenaza revolucionaria dirigida contra sus más sagradas posesiones. Estas lamentaciones se refuerzan con las voces de los filósofos que piensan que no pueden prescindir del concepto que ha de ser sustituido, porque lo habían reclamado para su joyero del «absoluto», del *a priori*, o, en resumidas cuentas, porque por alguna razón habían proclamado la verdad eterna de ese concepto. El lector habrá adivinado que estoy apuntando en particular a determinados conceptos de la teoría del espacio y el tiempo, así como de la mecánica, que han sido modificados por la teoría de la relatividad. Nadie negará que los epistemologistas han preparado el camino para este desarrollo. Por mi

parte, yo sé, al menos, que fui estimulado en gran manera, directa e indirectamente, por Hume y Mach (11).

El significado de la teoría de la relatividad consiste en su análisis de ciertos conceptos científicos o, en terminología kantiana, de las condiciones de la experiencia. Los intentos de algunos filósofos de relegar los resultados de la teoría de la relatividad a la física demuestran tan sólo que estos filósofos no están preparados para una competición filosófica con el físico Einstein. El descubrimiento de Einstein no es una trivialidad filosófica. Einstein en una ocasión me escribió en una carta lo siguiente: «El valor de la teoría de la relatividad, en lo que se refiere a la filosofía, me parece que consiste en que ha revelado lo dudoso de algunos conceptos que se consideraban como poco definidos, incluso en filosofía. Cuando los conceptos dejan de estar estrechamente relacionados con la experiencia resultan vacíos. Son como nuevos ricos que están avergonzados de su origen y quieren negarlo». Con toda mi admiración por este confidencial rechazo de cualquier racionalismo dogmático, no estoy conforme con la modestia de la primera frase. Por desgracia, la filosofía no ha reconocido todavía lo dudoso de aquellos conceptos, aunque éste debiera haber sido su trabajo. Constituye un fallo serio de la filosofía poskantiana el haber abandonado el desarrollo de los problemas epistemológicos del espacio y el tiempo a los matemáticos y físicos. La línea de desarrollo se extiende desde Bolyai, Lobatschefskyj, Riemann, Helmhotz y Mach a Poincaré, Hilbert, Einstein y Weyl. Es tiempo sobrado para que la filosofía se adapte a este desarrollo y comience su labor allí donde la abandona el matemático, en lugar de protegerse con un *noli me tangere.*

Existe un corto ensayo de Einstein, titulado *Geometría y experiencia* (14), que formula la relación entre la geometría y la física con brevedad clásica. A la pregunta sobre la certeza apodíctica de los axiomas geométricos responde Einstein: «En cuanto las leyes matemáticas se refieren a la realidad, no son ciertas; y en cuanto no son ciertas no se refieren a la realidad». Seguidamente distingue entre la «geometría axiomática», puramente lógica, y la «geometría práctica», esto es, la geometría aplicada a los objetos físicos. La relación entre ambas está expresada en esta frase: «Los cuerpos sólidos se relacionan, en lo que se refiere a sus posibles disposiciones, como los cuerpos en la geometría euclidiana, de tres dimensiones» (14, pág. 32). Es una cuestión empírica la de si esta afirmación es verdadera. Según Einstein, sólo es valedera de modo aproximado para dimensiones pequeñas. No es posible definir los *cuerpos sólidos* sin referencia a las leyes físicas. Estas leyes pueden elegirse de tal forma que los *cuerpos rígidos* se definan por

la geometría euclidiana. En este caso, la frase citada resulta vacía, pero se restringe la elección de leyes físicas. Esta es la razón por la que, según la formulación de Einstein, solamente puede comprobarse por la experiencia la suma $G + P$ de la geometría y física.

Estas consideraciones filosóficas no son subproductos del trabajo de Einstein en la física, sino el fundamento lógico que hace posible su trabajo. Escribe: «Concedo especial importancia a la concepción de la geometría que he expuesto porque sin ella no habría sido capaz de formular la teoría de la relatividad... No habría dado el paso decisivo en la transición a las ecuaciones generales covariables si la interpretación mencionada no me hubiera servido de base» (14, pág. 33). Quienes por conversaciones personales conozcan el claro y comprensivo modo de pensar de Einstein entenderán la importancia de esta observación. Einstein no es un matemático formal, ocupado sólo en desarrollar teorías matemáticas. Por el contrario, piensa analíticamente, esto es, se preocupa de aclarar el significado de los conceptos. Las matemáticas sólo constituyen para él un medio de expresar un proceso intuitivo —un proceso que se origina en fuentes inconscientes y para el cual el lenguaje formal representa meramente la estructura. Es un raro don de la fortuna encontrar reunidos en una sola mente una intuición filosófica y un talento para las matemáticas y la física. Sólo una mente que combinase estos rasgos podía crear la teoría de la relatividad.

El ensayo *El éter y la teoría de la relatividad* (13) representa una evidencia más de la competencia de Einstein como filósofo. En este ensayo da varias y precisas formulaciones del viejo problema de la existencia del éter, que había permanecido sin resolver por haber sido planteado en tĕrminos equívocos. Se puede decir que el espacio entre los complejos materiales está lleno de éter, ya que el espacio tiene la propiedad física de afectar a la forma de los instrumentos de medida. De este modo se puede definir una geometría práctica, pero el éter así entendido no tiene la propiedad de una sustancia cuyas partículas individuales puedan ser descubiertas con el tiempo. El concepto de movimiento no es aplicable a él. Además del éter o «campo métrico» existe la materia o «campo electromagnético», que comprende los rayos de luz (esto es, ondas eléctricas), así como la materia corriente. Los dos campos actúan uno sobre otro y la relación entre ellos se expresa mediante las ecuaciones de gravitación. Así se ha resuelto el problema del éter, renunciando a un concepto que no es aplicable a la realidad: el concepto de *sustancia*. La filosofía se ve confrontada con el hecho de que la física crea nuevas categorías que no pueden encontrarse en los diccionarios tradicionales.

El primer filósofo en aceptar por entero la teoría de la relatividad fue Schlick. A este respecto ocupa una posición sobresaliente entre los filósofos y su concepción de la teoría de la relatividad, relacionada con el convencionalismo de Poincaré, es compartida por Einstein. Schlick se opone a Kant y representa el empirismo filosófico, pero también define su posición en contraste con el positivismo de Mach.

Para Schlick, el problema de la intuición es el problema filosófico fundamental planteado por la teoría de la relatividad. El espacio de la física no es idéntico al espacio táctil o visual, sino que «está concebido independientemente de nuestras percepciones, aunque no de los objetos físicos, ya que únicamente tiene realidad en relación con ellos» (56, página 75). En la última frase se refiere Schlick a la idea de Einstein de que la estructura del espacio está determinada por masas de cuerpos, incluso en aquellos sitios que no están ocupados por materia. El campo métrico de $G_{\mu\nu}$ no existiría si no hubiese masas. Aquí se opone Schlick a la doctrina de la idealidad del espacio de Kant (cf. 57 también). El espacio sólo constituye una estructura ideal en relación con la arbitrariedad de las coordenadas. Su métrica, sin embargo, expresa una propiedad objetiva de la realidad[19]. Esta concepción no contradice el convencionalismo. No hay que interpretar que Schlick haya dicho que se prescribe una métrica determinada. La métrica sólo surge una vez que se han establecido las leyes físicas (la P de la fórmula de Einstein). Se puede también cambiar la *métrica* con tal de que se cambien correlativamente las leyes físicas, pero la relación entre estas modificaciones expresa un *hecho invariable*. En este caso, como en los restantes problemas tratados por la teoría de la relatividad, las leyes del universo no pueden darse en una sencilla fórmula estructural. No se puede decir que el espacio real no sea euclidiano. Unicamente la relación invariable entre las fórmulas estructurales variables determina una propiedad de la realidad. Este es el lenguaje que la teoría de la relatividad ha desarrollado para la descripción de la Naturaleza.

Sin embargo, precisamente porque el espacio de la física describe un estado real, *no es intuitivo*. La métrica espacial determina un estado de la misma manera que lo hacen la temperatura o la intensidad eléctrica, y posee realidad en el mismo sentido que estos parámetros. «Los objetos físicos no son, en consecuencia, intuitivos. El espacio físico no

---

[19] He expresado esta idea con anterioridad con una formulación similar (47, página 86), pero dicho pasaje no resulta muy claro, porque olvidé añadir lo aquí expuesto sobre la definición de la métrica por cuerpos rígidos. El presente análisis puede ser considerado, por tanto, como una corrección de mi afirmación anterior. Espero obtener el consentimiento de Schlick para ello.

se puede percibir, sino que es una *construcción teórica*. Es posible no adscribir a los objetos físicos la espacialidad intuitiva que encontramos en nuestras sensaciones visuales o táctiles, sino solamente un orden no intuitivo que llamamos espacio objetivo y describimos teóricamente mediante una complejidad de números (coordenadas). El espacio intuitivo es similar a las cualidades sensibles, colores, sonidos, etc. La física no conoce el color, sino únicamente las frecuencias de las oscilaciones de los electrones; no las cualidades del calor, sino la energía cinética de las moléculas» (56, pág. 76).

Así, Schlick abandona el concepto de la intuición pura de Kant. Puesto que el espacio no es intuitivo, «la intuición no puede decirnos nada sobre si el espacio es o no euclidiano, a pesar de la convicción de muchos seguidores de la filosofía de Kant» (56, pág. 77). La construcción lógica del espacio físico se opone a los espacios intuitivos de los distintos órganos de los sentidos. La intuición pura de Kant ocupa una posición intermedia entre los dos y no tiene relevancia epistemológica. Schlick formula su concepción de una manera muy clara en su brillante contestación a Cassirer. Escribe: «Cuando en otras publicaciones puse en contraste el espacio (y tiempo) psicológico, como puramente intuitivo, con el espacio físico, como construcción puramente lógica, advertía perfectamente que Kant define la 'intuición' de un modo totalmente distinto. Un número de críticos ha interpretado mal este punto. Cassirer llama a la intuición pura de Kant un determinado 'método de objetivación' [20]. Ciertamente, lo es, pero no agota aquí su significación. Kant quería eliminar todos los aspectos psicológicos, pero nunca me convenceré de que lo consiguió. Tal eliminación no es posible si no se aplica el único método capaz de separar los aspectos puramente lógicos de la geometría, de los psicológico-intuitivos: el método de la definición implícita que ha sido desarrollado por la matemática moderna [21]. Sin este método no podemos expresar siquiera la idea de un concepto lógico, ni entender éste independientemente de todos los aspectos psicológicos. El espacio de la intuición pura de Kant contiene necesariamente tales aspectos. Sin el contenido facilitado por estos aspectos el concepto de espacio resultaría 'vacío' para Kant» (57, pág. 108). Estas afirmaciones pueden considerarse como una interpretación que complementa el *Erkenntnislehre* de Schlick (60, pág. 301).

Queda la peculiar influencia psicológica que la métrica euclidiana tiene sobre nosotros. Schlick se ocupa de este problema, en sus comen-

---

[20] 5, págs. 123, 124 n.

[21] Cf. 60, págs. 30 y sigs.

tarios a los escritos de Helmhotz, de la siguiente forma: «Nuestra intuición euclidiana lucha contra el análisis lógico que reconoce que la intuición euclidiana no es lo bastante adecuada para la realidad. Sin embargo, gobierna en nosotros: así, llamamos *curvos* a los rayos de luz que pasan cerca del Sol y los representamos de este modo en nuestros dibujos, aun cuando sean las líneas más rectas de nuestro espacio. Sin embargo, la situación real no corresponde a las observaciones precedentes (Helmhotz las había construido como un ejemplo extremo), ya que las desviaciones de la geometría euclidiana son tan pequeñas que no se revelan a la percepción ordinaria. Estamos de acuerdo con Helmhotz en que si estas desviaciones fuesen visibles nuestra intuición estaría perfectamente adaptada a una métrica no euclidiana, pues se habría desarrollado bajo la influencia de experiencias euclidianas. En este caso no existiría discrepancia entre la intuición y la descripción teórica de la Naturaleza (59, pág. 174, núm. 83).

Me gustaría añadir a esta observación que, por lo que a mí respecta, considero correcta esencialmente la exposición de Schlick, pero tengo la impresión de que la investigación de este asunto no ha terminado todavía. La conexión íntima entre la intuición y la conceptualización es una cuestión que planteará difíciles problemas a la psicología.

El análisis del problema de la intuición que hace Schlick, sobre la base de la teoría de la relatividad, es un síntoma esperanzador de lo fructífera que puede resultar la colaboración entre la filosofía y la física. Schlick demuestra ser un estudiante sobresaliente de la teoría física, y su juicio sincero nunca se ve afectado por su punto de vista filosófico. Los «puntos de vista» son muy peligrosos cuando hay que valorar filosóficamente los descubrimientos físicos. El representante de una determinada *Weltanschauung* filosófica estará siempre inclinado a interpretar las ciencias físicas de acuerdo con sus propias predilecciones y puede pasar por alto fácilmente nuevos descubrimientos filosóficos. Los filósofos del «Como Si» proporcionan un llamativo ejemplo de esto: advierten que en algunas disciplinas, como en la jurisprudencia, las ficciones desempeñan un papel importante y, en consecuencia, creen que la teoría de la relatividad debe ser también una ficción. Schlick nunca demuestra tales perjuicios. Manifiesta en todos sus escritos el mismo conocimiento seguro de la física y una disposición para aprovechar las ciencias exactas con fines de análisis filosófico. Esta es la razón por la que las exposiciones de Schlick encuentran cada vez más crédito entre los físicos. Los físicos se sienten aliviados cuando un método filosófico les recuerda su propia y objetiva manera de pensar. He oído a físicos expresar su desconcierto ante la falta de un cuerpo de verdades filosóficas admiti-

das universalmente. Cada escuela filosófica quiere hacer tabla rasa y ataca las conclusiones de sus predecesores. Existe una profunda penetración en esta observación ingenua. La formación de un «punto de vista» pertenece al *final* de la filosofía, no a su *comienzo*, y existen bastantes problemas específicos por resolver antes de que se pueda pensar incluso en dar las respuestas definitivas a las preguntas más generales.

Al llamar ««empirismo» a su punto de vista Schlick invita a una identificación de sus ideas con la ingenua postura que desdeña los problemas de la conceptualización. Primeramente creí, sobre la base de su oposición a Kant, que Schlick pasaba por alto la significación constitutiva de las categorías en el concepto de objeto, y, en una publicación anterior (47, pág. 110), critiqué las ideas de Schlick, basándome en estos motivos. Sin embargo, en el transcurso de nuestra correspondencia, resultó que esta objeción se basaba en un equívoco y, por tanto, me gustaría retractarme. Recientemente Schlick ha precisado más sus ideas (57, págs. 98 y 111). De acuerdo con ellas, me parece que no debe considerarse el empirismo de Schlick como un «sistema» comparable a los sistemas tradicionales de filosofía. Por el contrario, se debe considerar como un método basado en la creencia de que la realidad se encuentra en la experiencia; un método que considera labor suya el *análisis de los procesos de la experiencia* en el sentido más amplio, sin adherirse a ninguna interpretación específica. Estoy totalmente dispuesto a aceptar este método, porque mi, así llamado, «método analítico» (47, pág. 71) representa exactamente esta aproximación objetiva.

A este respecto me gustaría mencionar dos de mis propios estudios. El primero (47) está consagrado a un análisis de la filosofía de Kant. Kant tenía la idea de que la razón prescribe un determinado sistema de principios, por medio de los cuales se establece nuestro conocimiento del mundo físico. Según Kant, este sistema nunca puede ser refutado por la experiencia, ya que la experiencia sólo es posible a través de estos principios y, por tanto, puede llamarse a estos principios juicios sintéticos *a priori* [22]. Pero Kant utiliza una asunción respecto de la cual no proporciona evidencia (y de la cual no puede dar evidencia). Asume que el sistema de principios no está *predeterminado* (hipótesis de la arbitrariedad de la coordinación). Es posible que surja una contradicción entre la totalidad de la experiencia y un sistema de principios si ese sistema facilita más reglas para la experiencia de las que la experiencia admite. El último instrumento para juzgar las verdades empí-

[22] Cf. mis observaciones anteriores respecto de Dingler (pág. 35) y de Cassirer (pág. 44).

ricas, la percepción, es *independiente* de la razón. Aunque la percepción siempre permite *interpretaciones* distintas, la combinación de las interpretaciones no es ya arbitraria. La importancia de la teoría de la relatividad es la de haber descubierto los límites de las arbitrariedades. Según la teoría de la relatividad, la elección de una geometría es arbitraria, pero *ya no es* arbitraria una vez que la congruencia se ha definido mediante cuerpos rígidos. La combinación de los principios de la geometría de Euclides con esta definición de congruencia queda excluida por la experiencia. Podemos así demostrar que *existen* combinaciones predeterminadas y no es posible probar que el sistema ofrecido por la razón no constituya una combinación predeterminada.

En cierto sentido, se puede decir incluso que ya se ha demostrado que el sistema kantiano es contradictorio. Todas las asunciones de la teoría de Einstein son tan evidentes que tienen el mismo derecho que los principios de la geometría de Euclides a ser consideradas como requisitos de la razón. El principio de la relatividad de las coordenadas es, y en esto están de acuerdo todos los kantianos, un requisito de la filosofía trascendente. Ahora bien, el principio de la relatividad conduce a una geometría *no euclidiana* sobre la base de ciertos hechos empíricos aislados, en particular de la equivalencia de las masas inertes y ponderables [23]. El sistema de principios racionales, evidentes por sí mismo, conduce así a contradicciones que no pueden reconocerse dentro del mismo sistema, pero que resultan evidentes al aplicar el sistema a la evidencia.

Corresponde a la razón la labor de adaptar los principios del conocimiento a la experiencia. Aunque se deba presuponer siempre algunos principios constitutivos para el establecimiento del conocimiento empírico, dicha adaptación puede ser realizada mediante un «método de aproximaciones sucesivas», en el cual se supone que rigen de un modo aproximado principios utilizados con anterioridad. Así es posible *cambiar los principios constitutivos mismos*. De este modo, el *a priori* pierde su carácter apodíctico, pero retiene la propiedad más importante de ser «constitutivo de objetos» [24].

---

[23] La exposición de este problema en mi libro (47, págs. 27-28) no es totalmente correcta. He ofrecido una exposición mucho más clara en (52).

[24] El llamar todavía "kantiana" a esta extensión de la doctrina del *a priori* es una cuestión terminológica. Schlick así lo hace (57, págs. 98 y 111) porque considera la combinación de estas dos propiedades del *a priori* como el aserto más importante de Kant. Yo creo, sin embargo, que el descubrimiento del componente constitutivo es un logro filosófico tan eminente que no se debería separar el nombre de Kant de él. En este descubrimiento radica la superioridad de Kant respecto de Hume, ya

A este respecto yo escribí: «La función de la razón (en el conocimiento) no consiste en el hecho de que existen elementos invariables en el sistema de coordinación, sino en el hecho de que esos elementos arbitrarios aparezcan en el sistema» (47, pág. 85). Aunque en esta cita parezca estar yo en el campo del convencionalismo, no me gustaría escoger este nombre para mis ideas. En primer lugar, el convencionalismo no reconoce, como hizo Kant, que estas «convenciones» determinan el concepto de objeto y que el objeto o ley particular se define únicamente mediante su ayuda y no por la realidad sola. En segundo lugar, el término «convención» resalta en demasía los elementos arbitrarios de los principios del conocimiento y, como hemos señalado, su *combinación* no es ya arbitraria[25]. Estoy de acuerdo con Schlick, quien llamó mi atención hacia este punto, en que Poincaré, el padre del convencionalismo, hubiera admitido el carácter restringido de la combinación de los principios y que su hincapié en la arbitrariedad de los principios era debido al contexto histórico en el cual escribió. Para la filosofía moderna de la ciencia, sin embargo, es importante averiguar no sólo los principios *arbitrarios* del conocimiento, sino determinar la totalidad de las combinaciones admisibles. Hay que distinguir, mediante una especie de método teórico invariable, aquella parte de nuestro conocimiento científico que deriva de la razón, del contenido objetivo de la ciencia, cuyo contenido no resulta ya claramente visible en la forma que actualmente presenta.

A fin de establecer esta distinción he tratado de formular los presupuestos de la teoría de la relatividad de modo axiomático. De momento, existe únicamente una breve referencia de estas investigaciones (53). Por tanto, aprovecharé esta oportunidad para mencionar algunos resultados posteriores que servirán para aclarar el papel de las ficciones en la teoría de la relatividad. Me limitaré a la teoría especial. Una axiomatización semejante debe comenzar por distinguir entre *axiomas* y *definiciones*. En este contexto, en contra de lo que sucede en las matemáticas, un axioma es una afirmación fáctica. Sin embargo, no se requiere evidencia experimental para esta declaración, sino que puede sostenerse provisionalmente como una hipótesis física. En todo caso, los axiomas no son ficciones. Los axiomas se complementan mediante

---

que Hume no supo qué hacer con su descubrimiento de los principios no empíricos en el conocimiento, y sólo pudo caracterizarlos como "hábitos".

[25] No hay que desestimar la limitación de esta combinación. Como haré ver en el futuro, esta limitación significa que el absolutista *no puede* utilizar el espacio euclidiano. En otro caso, tendría que sacrificar requisitos esenciales del absolutismo a puntos de singularidad en el espacio.

definiciones que contienen reglas relativas a la coordinación de determinados fenómenos empíricos con determinados conceptos matemáticos. Esta distinción es, por supuesto, arbitraria hasta cierto punto, pero esto carece de importancia. Lo que importa es adherirse fielmente a esta distinción una vez dadas las estipulaciones arbitrarias. Las definiciones no son ficciones tampoco. No pretenden ser verdaderas ni falsas, mientras que las ficciones constituyen *falsedades* utilizadas deliberadamente. Una ficción representa una manifestación que puede ser verdad, pero que de hecho no lo es, mientras que sería un contrasentido aplicar el predicado «verdadera» a una definición. Una construcción sistemática de la teoría de la relatividad sólo puede lograrse mediante los dos conceptos auxiliares de axioma y definición. Las ficciones sólo aparecen ocasionalmente, en cuanto recursos pedagógicos, y pueden ser eliminadas siempre.

La famosa ecuación de la simultaneidad de Einstein constituye una *definición*. Especifica una regla para determinar los índices de tiempo que han de utilizarse respecto de sucesos que ocurren en distintos puntos espaciales. Sería un error creer que la definición de simultaneidad dada en la teoría especial de la relatividad pretende ser «más correcta» que cualquier otra definición de simultaneidad. Einstein no pretende esto evidentemente, puesto que en la teoría general de la relatividad abandona la definición de simultaneidad formulada por referencia a los rayos de luz. Incluso en los espacios sin gravedad, en los que podría aplicarse la definición especial de simultaneidad, no es necesario hacerlo así. Según la teoría general, cualquier otra definición de simultaneidad conducirá a una descripción exhaustiva de la Naturaleza e incluso a las mismas leyes físicas. Es sólo conveniente utilizar la definición de simultaneidad en este caso. Por «conveniente» no queremos dar a entender «económico». Podemos establecer con precisión en qué consiste la conveniencia. A saber: en que el sincronismo definido de los relojes se vuelve *transitivo*[26]. Se puede utilizar también un sincronismo no transitivo, pero el uso de un sincronismo transitivo tiene una ventaja adicional: un observador en movimiento que pase por un sistema «en reposo» no encontrará nunca que está retrocediendo en el tiempo cuando mire a los relojes del sistema «en reposo». (Este resultado se debe al hecho de que ningún sistema físico y, por consiguiente, ningún observador puede viajar más rápido que la luz.) Así no se viola la ley de la causalidad. Es posible describir la situación de tal modo que la ley de cau-

[26] Esto quiere decir: si el reloj A está sincronizado con el reloj B, y el B lo está con el reloj C, entonces A está sincronizado con C.

salidad resulte violada, y las leyes físicas resultantes puedan ser incluso expresadas mediante las mismas ecuaciones matemáticas que expresan las leyes físicas corrientes. Pero es preferible, desde luego, no violar la ley de la causalidad.

¿Qué afirma la teoría de la relatividad sobre el tiempo absoluto? Sobre todo, que también se introduce simplemente mediante una *definición* y, por tanto, tiene la misma consideración epistemológica que el tiempo relativo. Todavía más: la teoría afirma que no es posible descubrir una simultaneidad natural. Desde luego, podría decirse que el tiempo de un sistema dado de coordenadas es absoluto y exige que todo sea medido con referencia a él, pero un tiempo así constituye un tiempo absoluto «vacío»[27]. El problema es el de encontrar *una regla cuya aplicación uniforme conduzca, en cada sistema de coordenadas, a una sola e idéntica simultaneidad.* Semejante simultaneidad podría definirse mediante relojes transportados, si la hora de los relojes no dependiera de la velocidad del transporte (cf. 54). La teoría de la relatividad afirma que *no existe tal regla.* Esta es una afirmación fáctica. (Se la podría llamar un axioma, pero resulta más conveniente dividirla en varios axiomas.) Este aserto puede ser verdadero o falso. Según el estado actual de nuestro conocimiento, parece ser verdad. Si este aserto fuera falso, la simultaneidad absoluta seguiría descansando sobre una *definición,* si bien una definición con determinadas propiedades ventajosas. Su ventaja consistiría en el hecho de que se podría utilizar el mismo mecanismo para definir la simultaneidad en cada sistema de coordenadas. Ahora bien, la posibilidad de definir el tiempo absoluto no excluiría el uso del tiempo relativo. Este último constituiría un tiempo con propiedades ventajosas *diferentes.*

La teoría de la relatividad afirma dos cosas sobre el tiempo absoluto. En primer lugar, que no existe tal tiempo absoluto. En segundo lugar, que, caso de existir un tiempo absoluto, éste no sería absoluto.

En el curso de la axiomatización ocurre un resultado extraño. A fin de definir una métrica física es necesario establecer su relación con determinados objetos físicos. La definición de congruencia, por ejemplo, se relaciona con el concepto de varillas de medir rígidas. Es posible definir la totalidad de la métrica del espacio y el tiempo puramente en términos de señales luminosas. Imagínese un dominio del espacio en el cual los puntos másicos viajen libremente. En este espacio pueden utilizarse las señales luminosas para definir las condiciones bajo las

---

[27] El tiempo absoluto de la teoría de Lorentz está "vacío" en este sentido, ya que no es sino el tiempo "absoluto" de Einstein de un sistema de coordenadas dado.

cuales dos puntos másicos se hallan en situación de reposo relativo uno de otro. Se puede hablar de una «rigidez de la luz» definida de modo único. No hay necesidad de asumir el tiempo uniforme, sino que éste también puede ser definido de modo único en relación con señales luminosas. Más aún: puede establecerse la igualdad de los segmentos de la línea mediante señales luminosas. Por consiguiente, se puede utilizar una geometría basada en la luz como fundamento de una métrica espacio-temporal. La cinemática de Einstein descansa en la hipótesis de que la geometría basada en la luz es idéntica a la geometría de las varillas rígidas y de los relojes naturales. Esta hipótesis se afirma mediante un grupo especial de axiomas[28]. La ventaja de la geometría basada en la luz consiste en que evita la definición de la métrica por referencia a objetos tan complicados como cuerpos rígidos y relojes. Estos objetos deberían ser introducidos al *final* de la teoría física, y no a su comienzo, ya que el conocimiento de sus mecanismos presupone el conocimiento de todas las leyes físicas.

RESUMEN

Pueden distinguirse cuatro puntos de vista fundamentales en la literatura sobre la relatividad.

1. Los filósofos del «Como Si» consideran los asertos de la teoría de la relatividad como ficciones. Su postura está en oposición con la teoría física y la experiencia, ya que ataca las afirmaciones fácticas de la teoría. No existe justificación para su interpretación. Las consideraciones filosóficas no pueden decidir si las afirmaciones fácticas de la teoría son correctas. Sólo la experiencia puede hacerlo.

2. Las concepciones influidas por Mach se contradicen unas a otras. Aunque Petzold es partidario de la teoría, su interpretación está influida por su posición filosófica y, por tanto, es incompatible en parte con la teoría física.

3. Entre los neokantianos algunos representantes mantienen que el kantismo no se ve afectado por la teoría de la relatividad. Cassirer, sin embargo, propone una modificación de la doctrina de la «intuición pura» de Kant. Sólo así se reconcilia la teoría de Kant con la de Einstein, pero entonces el método trascendente parece perder su carácter apodíctico.

---

[28] Para un análisis más detallado me remito a (53) y a una publicación que va a ser editada [*Axiomatik der relativischen Raum-Zeit-Lehre*, Braunschweig, 1924].

4. Para los relativistas la importancia filosófica de la teoría consiste en la modificación de ciertos conceptos epistemológicos fundamentales. Los relativistas niegan la existencia de la intuición pura. Más aún: niegan el carácter apodíctico del *a priori* y no consideran los principios generales del conocimiento como necesarios, sino arbitrarios. (Esta es la postura del convencionalismo.) Los relativistas abandonan a la experiencia la decisión referente a las combinaciones admisibles de estos principios y creen que es posible un cambio continuo de los mismos.

BIBLIOGRAFIA DE LOS LIBROS Y ARTICULOS CITADOS EN EL ENSAYO PRECEDENTE

1. ADLER, FRIEDRICH, *Ortszeit, Systemzeit, Zonenzeit und das ausgezeichnete Bezugssystem der Elektrodynamik. Vorwärtsverlag,* Wien, 1920.
2. BLOCH, WERNER, *Einführung in die Relativitätstheorie.* (Aus Natur und Geisteswelt, vol. 618). Teubner. Berlin and Leipzig, 2nd. ed. 1920.
3. BOLLERT, KARL, *Einstein's Relativitätstheorie und ihre Stellung im System der Gesamterfahrung.* Steinkopf, Dresden, 1921.
4. BORN, MAX, *Die Relativitätstheorie Einstein's und ihre physikalischen Grundlagen.* Springer, Berlin, 2nd ed. 1920.
5. CASSIRER, ERNST, *Zur Einsteinschen Relativitätstheorie.* Bruno Cassirer, Berlin, 1921.
6. DINGLER, HUGO, *Die Grundlagen der Physik.* Vereinig. wiss. Verleger, Berlin and Leipzig, 1919.
7. DINGLER, HUGO, *Physik und Hypothese.* Vereinig. wiss. Verleger, Berlin and Leipzig, 1921.
8. DREXLER, JOSEPH, "Grundwissenschaftliches zur Einsteinschen Relativitätstheorie". *Grundwissenschaft. Philosophische Zeitschrift der Johannes Rehmke-Gesellschaft,* vol. 2, Leipzig, 1921.
9. EHRENFEST, PAUL, *Zur Krise der Lichtätherhypothese.* Springer, Berlin, 1913.
10. EINSTEIN, ALBERT, *Relativity the Special and General Theory.* Transl. by Robert W. Lawson, Hartsdale House, New York, 1947.
11. EINSTEIN, ALBERT, "Ernst Mach", *Physik. Ztschr.,* vol. 17, 101-104, 1916.
12. EINSTEIN, ALBERT, "Dialog über Einwände gegen die Relativitätstheorie". *Die Naturwissenschaften,* vol. 6, 697-702, 1918.
13. EINSTEIN, ALBERT, *Sidelights on Relativity: I. Ether and Relativity.* Transl. by G. B. Jeffery and W. Perret. Methuen, London, 1922.
14. EINSTEIN, ALBERT, *Geometrie und Erfahrung.* Springer, Berlin, 1921. The quotation in the paper refers to the English ed. *Sidelights on Relativity: II. Geometry and Experience.* Transl. by G. B. Jeffery and W. Perret. Methuen, London, 1922.
15. EINSTEIN, ALBERT, "Über eine naheliegende Ergänzung des Fundamentes der allgemeinen Relativitätstheorie". *Preussische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte,* 1921, pt. I, 261-264.

16. EDDINGTON, A. S., "A Generalization of Weyl's Theory of the Electromagnetic and Gravitational Fields". *Proc. Royal Soc.* A., 99, London, 1921, 104.
17. FREUNDLICH, ERWIN, *Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie.* Springer, Berlin, 1920.
18. GEHRKE, E., "Die Relativitätstheorie, eine wissenschaftliche Massensuggestion". *Schriften a. d. Verl. d. Arbeitsgemeinsch. deutscher Naturforscher zur Erhaltung reiner Wissenschaft* e. V., No. I, Berlin, 1920.
19. GEIGER, MORITZ, *Die philosophische Bedeutung der Relativitätstheorie.* Lecture, gehalten im I. Zyklus gemeinverständlicher Einzelvorträge, veranstaltet v. d. Universität München, Niemeyer, Halle, 1921.
20. GEISSLER, KURT, *Gemeinverständliche Widerlegung des formalen Relativismus.* Hillmann, Leipzig, 1921.
21. HAMEL, G., "Zur Einsteinschen Relativitätstheorie". *Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft,* vol. XIX, Göttingen, 1921.
22. HÖPFNER, L., "Versuch einer Analyse der mathematischen und physikalischen Fiktionen in der Einsteinschen Relativitätstheorie". *Annalen der Philosophie,* vol. II, No. 3, 466-474. Leipzig, 1921.
23. HÖPFNER, L., "Zur Analyse der philosophischen Ausdrucksform der Einsteinschen Relativitätslehre". *Annalen der Philosophie,* vol. II, No. 3, 481-487, Leipzig, 1921.
24. KOPFF, AUGUST, *Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie.* Hirzel, Leipzig, 1921.
25. KOPFF, AUGUST, "Das Rotationsproblem in der Relativitätstheorie". *Die Naturwissenschaften,* vol. 9, No. 1, 9-15, Berlin, 1921.
26. KRAUS, OSKAR, "Fiktion und Hypothese in der Einsteinschen Relativitätstheorie". *Annalen der Philosophie,* vol. II, No. 3, 335-396, Leipzig, 1921.
27. KRAUS, OSKAR, "Die Verwechslungen von "Beschreibungsmittel" und "Beschreibungsobjekt" in der Einsteinschen speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie". *Kantstudien,* vol. XXVI, Nos. 3-4, 454-486. Berlin, 1921.
28. KRAUS, OSKAR, "Die Unmöglichkeit der Einsteinschen Bewegungslehre". *Die Umschau,* No. 46, 681-684, Frankfurt and Leipzig, 1921.
29. KRIES, J. V., "Ueber die zwingende und eindeutige Bestimmtheit des physikalischen Weltbildes". *Die Naturwissenschaften,* vol. 8, 237-247, Berlin, 1920.
30. LANGE, L., *Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungsbegriffes,* Leipzig, 1886.
31. V. LAUE, MAX, *Das Relativitätsprinzip,* vol. I and II, Vieweg, Braunschweig, 1913.
32. V. LAUE, MAX, "Die Lorentz-Kontraktion". *Kantstudien,* vol. XXVI, Nos. 1-2, 91-95, Berlin, 1921.
33. LENARD, P., *Ueber Relativitätsprinzip, Aether, Gravitation.* Hirzel, Leipzig, 1920.
34. LINKE, PAUL, "Relativitätstheorie und Relativismus". *Annalen d. Philosophie,* vol. II, No. 3, 397-438. Leipzig, 1921.
35. LIPSIUS, FRIEDRICH, "Die logischen Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie". *Annalen der Philosophie,* vol. II, No. 3, 439-465. Leipzig, 1921.
36. MACH, ERNST, *The Science of Mechanics.* Transl. by Thomas J. McCormack, The Open Court Publishing Co., La Salle and London, 1942.
37. MACH, ERNST, *The Principles of Physical Optics.* Transl. by John S. Anderson and A. F. A. Young, Dover Publications, New York, 1953.
38. PAULI, WOLFGANG, "Relativitätstheorie", *Enzykl. d. math. Wiss.,* Leipzig and Berlin, 1921.

39. PETZOLD, JOSEPH, "Mechanitische Naturauffassung und Relativitätstheorie". *Annalen der Philosophie,* vol. II, 447-462. Leipzig, 1919.
40. PETZOLD, JOSEPH, "Das Verhältnis der Machschen Gedankenwelt zur Relativitätstheorie". Appendix to Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwickung,* 8th ed. Leipzig, 1921.
41. PETZOLD, JOSEPH, *Das Weltproblem,* 3rd ed. Wissenschaft und Hypothese, vol. XIV, Teubner, Leipzig und Berlin, 1921.
42. PETZOLD, JOSEPH, *Die Stellung der Relativitätstheorie in der geistigen Entwicklung der Menschheit.* Sibyllenverlag, Dresden, 1921.
43 PETZOLD, JOSEPH, "Die Relativitätstheorie der Physik". *Zeitschrift für positivistische Philosophie,* vol. 2, No. 1, Berlin, 1919.
44. PETZOLD, JOSEPH, "Kausalität und Relativitätstheorie". *Ztschr. f. Phys.,* 467, 1920.
45. PETZOLD, JOSEPH, "Die Relativitätstheorie im erkenntnistheoretischen Zusammenhange des relativitischen Positivismus". *Verh. d. dtsch. Phys. Ges.,* vol. XIV, 1055, 1912.
46. PETZOLD, JOSEPH, "Die Unmöglichkeit mechanischer Modelle zur Veranschaulichung der Relativitätstheorie". *Ver. d. dtsch. Phys. Ges.,* 495, 1919.
47. REICHENBACH, HANS, *Relativitätstheorie und Erkenntnis apriori.* Springer, Berlin, 1920.
48. REICHENBACH, HANS, "Die Einsteinsche Raumlehre". *Umschau,* 402, 1920.
49. REICHENBACH, HANS, "Die Einsteinsche Bewegungslehre". *Umschau,* 501, 1921.
50. REICHENBACH, HANS, "Entgegnung auf O. Kraus". *Umschau,* 684, 1921.
51. REICHENBACH, HANS, "Erwiderung auf Herrn Th. Wuffs Einwände gegen die allgemeine Relativitätstheorie". *Astronomische Nachr.,* vol. 19, 307, 121.
52. REICHENBACH, HANS, "Erwiderung auf H. Dinglers Kritik an der Relativitätstheorie". *Physik. Ztschr.,* vol. 22, 379, 1921.
53. REICHENBACH, HANS, "Bericht über eine Axiomatik der Einsteinschen Raum-Zeit-Lehr". *Physical. Ztschr.,* vol. 22, 683, 1921.
54. REICHENBACH, HANS., "Relativitätstheorie und absolute Transportzeit". *Ztschr. f. Phys.,* 1922.
55. RIPKE-KÜHN, LENORE, "Kant kontra Einstein". *Beiträge zur Philosophie des deutschen Idealismus,* Beiheft No. 7, Erfurt, 1920.
56. SCHLICK, MORITZ, *Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik.* 2nd ed. Springer, Berlin, 1919.
57. SCHLICK, MORITZ, "Kritizistische oder empiristische Deutung der neuen Physik?". *Kantstudien,* vol. XXVI, Nos. 1-2, 96-111, Berlin, 1921.
58. SCHLICK, MORITZ, "Die philosophische Bedeutung des Relativitätsprinzips". *Ztschr. f. Philosophie u. philos. Kritik,* vol. 159, No. 1, 129-175, Leipzig, 1915.
59. SCHLICK, MORITZ, "Anmerkungen zu Helmholtz". *Schriften zur Erkenntnistheorie,* Springer, Berlin, 1921.
60. SCHLICK, MORITZ, *Allgemeine Erkenntnislehre.* Springer, Berlin, 1918.
61. SCHNEIDER, ILSE, *Das Raum-Zeitproblem bei Kant und Einstein.* Springer, Berlin, 1921.
62. SCHOUTEN, J. A., Lecture given on the Mathematikertag in Jena, 1921. *Mathematische Zeitschr.*
63. SELLIEN, EWALD, "Die erkenntnistheoretische Bedeutung der Relativitätstheorie". *Kantstudien.* Ergänzungsheft, No. 48, Berlin, 1919.
64. SOMMERFELD, ARNOLD, "Die Relativitätstheorie". *Südd. Monatshefte,* vol. 18, No. 2, 8-15.

65. THIRRING, HANS, *Die Idee der Relativitätstheorie.* Springer, Berlin, 1921.
66. THIRRING, HANS, "Ueber das Uhrenparadoxon in der Relativitätstheorie". *Naturwissenschaften,* vol. 9, 209, 1921.
67. THIRRING, HANS, "Erwiderung auf E. Gehrke". *Naturwissenschaften,* vol. 9, 482, 1921.
68. VAIHINGER, HANS, *Die Philosophie des Als Ob.* Meiner, Leipzig, 1922. The quotations in the paper refer to the English ed. *The Philosophy of "As If".* Kegan Paul, London, 1924.
69. WEYL, HERMANN, *Raum. Zeit, Materie.* Springer, Berlin, 1921.

CAPITULO II

La teoría del movimiento [1]

según Newton, Leibnitz y Huyghens

[*Este ensayo constituye un estudio de las raíces históricas de la teoría de la relatividad de Einstein. Según el autor, Einstein desarrolló su teoría en oposición al absolutismo de Newton, más bien que como continuación de las concepciones relativistas de los contemporáneos de Newton, Leibnitz y Huyghens.*]

1

La teoría del movimiento de Newton tuvo una influencia sobre el desarrollo histórico del problema del movimiento considerablemente mayor que la doctrina de sus oponentes Leibnitz y Huyghens. Sin embargo, es irónico que Newton, que enriqueció en tal alto grado a la ciencia con sus descubrimientos físicos, perjudicase al mismo tiempo en gran medida el desarrollo de su fundamentación conceptual. Por fértiles que hayan resultado sus descubrimientos ópticos, su teoría de la emisión de la luz retrasó casi por un siglo la aceptación de la teoría de las ondas, formulada con gran penetración por su contemporáneo Huyghens. A pesar del gran alcance del descubrimiento de la ley de la gravitación por Newton, su teoría de la mecánica paralizó el análisis de los problemas del espacio y el tiempo durante más de dos siglos, aunque Leibnitz, contemporáneo suyo, había demostrado un conocimiento mucho más profundo de la naturaleza del espacio y el tiempo. Solamente hoy, cuando la física ha abandonado por fin el punto de vista de Newton, podemos hacer justicia a estos dos hombres, cuyo desafortunado sino fue el de haber poseído conocimientos demasiado elevados para el clima intelectual de su tiempo. La influencia histórica de un hombre depende no sólo de la profundidad de sus ideas, sino

[1] Publicada originalmente en alemán con el título "Die Bewegungslehre bei Newton, Leibnitz und Huyghens", en *Kantstudien*, vol. XXIX, 1924, págs. 416-438.

de tener la buena fortuna de ofrecer ideas que estén en armonía con el espíritu de los tiempos. Parece que la facultad de abstracción en tiempos de Newton no había alcanzado el suficiente desarrollo como para permitir la preponderancia de los descubrimientos de un Leibnitz o de un Huyghens, referentes a la relatividad del movimiento. Incluso la teoría del espacio y el tiempo de Kant, formulada casi un siglo más tarde sobre la base de la mecánica de Newton[2], constituye un retroceso en comparación con el discernimiento de las formulaciones de Leibnitz, quien había superado fundamentalmente el empleo de términos tan vagos como «la idealidad del tiempo y el espacio», aunque los utilizase en ocasiones. Incluso el temprano ensayo de Kant, *Neuer Lehrbegriff der Bewegung und Ruhe* (1758), que contiene la más extensa elaboración del concepto de movimiento relativo, y en el cual su doctrina crítica del espacio parece como una vuelta a Newton, no llega al nivel alcanzado por Leibnitz.

La injusticia de la Historia va incluso más lejos, ya que no existe relación histórica directa entre la concepción relativista del movimiento desarrollada en nuestros días y las ideas de los dos precursores del relativismo. Por el contrario, sus teorías parecen haber sido olvidadas por los científicos y haber sido preservadas únicamente por los historiadores de la filosofía, y estos últimos no han influido nunca en el desarrollo de la filosofía de un modo notable. Cuando los físicos resolvieron el problema del movimiento volvieron a considerar preferentemente a Newton, aunque esta vez para criticar su teoría. En su oposición a Newton, los físicos de nuestro tiempo redescubrieron las soluciones que dos contemporáneos de Newton habían propuesto inútilmente. Mach, el primer relativista de la nueva era, desarrolló su concepción del problema del movimiento a través de una crítica de los *Principios* de Newton[3]. No conocía ninguna de las bien fundadas objeciones de Leibnitz contra Newton e hizo solamente algunas pocas observaciones ingenuas sobre él[4]. Incluso la solución de Einstein, de mucha más im-

---

[2] Consúltese el libro de ERNST CASSIRER, *Substance and Function and Einstein's, Theor of Relativity*. Traducción autorizada por William Curtis Swabey y Marie Collins Swabey, Chicago-Londres, 1923, págs. 410 y sigs.

[3] Compárese, a este respecto, mi exposición en el ensayo anterior. Di un análisis detallado de las discrepancias entre Mach y Newton en "La signification philosophique de la théorie de la relativité", *Revue Philosophique de la France*, julio de 1922. Véase también SCHLICK, "Die philosophische Bedeutung des Relativitätsprinzips", *Ztschr. f. Philos. Kritik*, 159, 1915, pág. 129.

[4] Escribe *(Die Mechanik in ihrer Entwiclung*, Brochaus, 8.ª ed., Leipzig, 1921, pág. 431): "No hay por qué perder ningún tiempo con Leibnitz, inventor del mejor de los mundos posibles y de la armonía preestablecida. Estas invenciones han recibido

portancia que la de Mach, tomó la «mecánica clásica» de Newton como punto de partida, sin referencia alguna a Leibnitz ni a Huyghens [5]. Parece casi como si se hubiera lanzado un anatema contra un descubrimiento que no estaba al nivel de su propia época. La aceptación posterior de las ideas relativistas no deriva de la penetración gradual de dicho descubrimiento, sino de un trabajo creador nuevo e independiente, estimulado por una reconsideración de las teorías de Newton, que de este modo han vuelto a resultar una vez más inmensamente fructíferas.

2

Newton creía, ciertamente, que su mecánica constituía una justificación completa de la teoría del movimiento absoluto. No sólo formuló definiciones (en la introducción a sus *Naturalis Philosophiae Principia Mathematica)* del tiempo y del espacio absolutos, que se han convertido en la fórmula clásica del absolutismo, cuyas definiciones caracterizan el tiempo y el espacio como entidades que existen independientemente y que constituyen la medida de todos los acontecimientos espacio-temporales [6], sino que especificó también los métodos para establecer relaciones entre los acontecimientos empíricos y estas entidades absolutas. Es bien sabido que asignó el papel decisivo en estos métodos a la fuerza centrífuga. El núcleo de la doctrina de Newton consiste en que considera la aparición de una fuerza como evidencia de un estado de movimiento. Desde luego, Newton sabía que no tiene sentido hablar de movimiento absoluto si se considera el movimiento desde un punto de vista puramente cinemático, esto es, como un cambio de distancias entre masas. Cinemáticamente hablando, no existe diferencia entre la postura de Copérnico y la de Ptolomeo. Ambos describen el mismo hecho: el movimiento relativo de los cuerpos celestes. Sin embargo, Newton encontró una explicación dinámica a una de estas posturas —la de Co-

---

el trato que se merecen en la novela, a primera vista divertida, pero realmente profunda, *Cándido,* de Voltaire. Como es bien conocido, Leibnitz era tanto un teólogo como un filósofo y científico".

[5] Véase, por ejemplo, "Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie", apartado 2 *Annal. d. Physik,* vol. 49, 1916. Hay traducción inglesa: *The Principle of Relativity: Original Papers by A. Einstein and H. Minkowski,* traducido por M. N. SAHA y N. S. BOSE, Calcuta, 1920.

[6] Estas definiciones están citadas y traducidas (al alemán) por H. SCHOLZ, en "Zur Analysis des Relativitätsbegriffes", *Kantstudien,* 1922, pág. 388. La misma obra ofrece una exposición bastante detallada de la concepción de Newton sobre el movimiento relativo, identificándolo correctamente como un cambio en distancias mutuas.

pérnico— en su ley de la atracción, mientras que, respecto de la otra, no parecía posible tal explicación. Por consiguiente, relegó a la dinámica la confirmación del movimiento absoluto. En la introducción a sus *Principia,* Newton dio dos ilustraciones de esta idea: el famoso experimento del cubo y el de las dos esferas unidas mediante un bramante, que giran alrededor de su centro de gravedad común. La tensión del bramante nos permite descubrir la velocidad de la rotación y determinarla cuantitativamente, incluso si no existen otras posibilidades de efectuar tal determinación. Newton proponía también un método muy ingenioso para reconocer la dirección de la rotación. A primera vista este resultado parece paradójico, ya que la cantidad de fuerza centrífuga no depende de la dirección de la rotación, pero si se cambia la velocidad de rotación de las esferas, imponiendo fuerzas adicionales en una u otra dirección, se descubre la dirección de la rotación original mediante el aumento o descenso de la tensión del bramante. Estas consideraciones eran del mayor interés para Newton. El objeto declarado de su libro era el de encontrar métodos que permitieran inferencias relativas al movimiento verdadero de los cuerpos una vez conocido su movimiento aparente, esto es, el movimiento relativo o cinemático. La introducción acaba con estas palabras: «Pero la manera de obtener los movimientos verdaderos partiendo de sus causas, efectos y diferencias aparentes será explicada con detalle en el siguiente tratado. Con este fin lo compuse» [7].

Si los *Principia* de Newton no tuviesen otra utilidad que la alegada por su autor, su obra no tendría la importancia que tiene actualmente. Quizá no existe otro pasaje que muestre con mayor claridad la influencia trágica de la filosofía de Newton sobre su criterio, influencia que condujo al gran físico a considerar como de importancia secundaria su trascendental hallazgo: el descubrimiento de las leyes fundamentales de la mecánica. Después de dos siglos de error, la «philosophia naturalis» ha abandonado finalmente las ideas filosóficas de Newton, pero esto no disminuye las contribuciones de Newton a la física. Afortunadamente, todo conocimiento basado en la experiencia es independiente de la interpretación de sus descubridores, pero el precio de esta independencia es que dicho conocimiento sólo tiene una validez aproximada.

---

[7] *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles,* traducido al inglés por Andrew Motte en 1729, ed. por Florián Cajori, Berkeley, 1947, pág. 12.

3

La razón de la oposición de Leibnitz a la teoría del movimiento de Newton debe buscarse en las diferencias filosóficas entre los dos pensadores —Newton era un científico consistente, de tenacidad invencible, que buscaba la confirmación de sus hipótesis mediante la experiencia—. Retrasó la publicación de su teoría durante veinte años porque no concordaba con las observaciones astronómicas, aunque la expuso con renovada convicción una vez reunido un material empírico más preciso. Leibnitz, por el contrario, tenía una mente flexible. Llegaba a sus conclusiones mediante manipulaciones abstractas, pues consideraba el análisis lógico de un problema como una guía mejor para su solución que el confiar en datos empíricos, por estar dichos datos abiertos a distintas interpretaciones. Para Leibnitz la solución del problema del movimiento surgió de la concepción del espacio derivada de consideraciones filosóficas. Aunque no disponía de los medios de la física moderna, permaneció fiel a su posición filosófica frente a los serios contraataques de Newton. Si bien las ideas de Leibnitz acabaron por prevalecer, nunca fue capaz de refutar por completo a Newton. La respuesta definitiva al argumento de Newton sobre la fuerza centrífuga fue dada por Mach. (Como es bien sabido, la respuesta de Mach se basa en el hecho de que se puede interpretar la fuerza centrífuga en sentido relativo como un efecto dinámico de la gravitación, producido por la rotación de las estrellas fijas. Por tanto, no puede discernirse dinámicamente un estado absoluto de movimiento.) Se siente uno inclinado a conceder mayor crédito al partidario de una idea equivocada, pero que tiene la ventaja de ser consistente. La razón de que la postura de Leibnitz no influyera en el desarrollo de la ciencia radica, evidentemente, en el hecho de que no había descubierto la respuesta de Mach. Por otra parte, no debemos olvidar que la oposición de Leibnitz se debió a su profundo conocimiento de la naturaleza del espacio. También puede reclamar Leibnitz el mérito de la consistencia, la cual no le permitía abandonar una posición epistemológica convincente.

La exposición más conocida de la teoría del espacio de Leibnitz se contiene en su correspondencia con Clarke, que fue ampliamente leída en el siglo XVIII, cuando se discutía la realidad del espacio con una vehemencia similar a la de cuando Einstein presentó su teoría [8]. En

---

[8] Véase CASSIRER, *Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit*, Berlín, 1911-20, vol. II, pág. 471.

esta correspondencia el teólogo Clarke aparece como el defensor de las ideas de Newton. Podemos considerar autorizada su defensa, hasta cierto punto, ya que redactó sus contestaciones a Leibnitz con ayuda de Newton. La correspondencia parece una discusión moderna de la teoría de la relatividad. El relativista trata de convencer inútilmente a su oponente, tan imbuido éste de sus ideas absolutistas, que no advierte cuán a menudo sus argumentos presuponen la doctrina que quiere probar, ni hasta qué punto su alegación de que la posición relativista es contradictoria descansa sobre su propia asunción tácita de una concepción absolutista. Antes de ocuparnos de esta correspondencia procedamos a examinar la rigurosa fundamentación de la teoría del espacio y el tiempo de Leibnitz en su *Initia rerum mathematicarum metaphysica* [9], que fue escrito durante el período de la correspondencia.

La obra comienza con una explicación muy profunda del tiempo y del espacio. Se presuponen solamente como datos los objetos físicos y sus estados, y se construye posteriormente el orden del espacio y del tiempo sobre la base de ciertas relaciones entre ellos. La causalidad es la relación física que conduce al orden del tiempo. Si dos estados físicos se hallan en relación de causa a efecto se define la causa como el primer estado y el efecto como el segundo. El orden de los procesos causales es, por consiguiente, la secuencia temporal. Lógicamente, la causalidad es primaria y el tiempo secundario. Las relaciones causales tienen que ser descubiertas, pero el tiempo se define. Además de la relación de secuencia temporal existe una relación de simultaneidad que se aplica a aquellos estados físicos que no están relacionados causalmente. Leibnitz señala, sin embargo, que esta relación no es suficiente y añade la condición de que una definición uniforme de simultaneidad para todos los acontecimientos no debe contradecir la secuencia temporal según se determina por el orden de los procesos causales [10]. Evidentemente, Leibnitz quería referirse a esta condición en la cita siguiente cuando habla de «los acontecimientos de años pasados... que no coexisten con los de este año» y, más adelante, «la relación entre todas las cosas». Citaré el

---

[9] [Las citas siguientes están tomadas de *Leibnitz, Selections*, ed. por Ph. P. Wiener, Nueva York, 1951, no de las fuentes utilizadas en el escrito alemán original.]

[10] Leibnitz no se da cuenta, desde luego, que incluso esta condición no conduce necesariamente a una definición única de simultaneidad. Esta sólo podría originarse dentro del contexto de la teoría del tiempo de Einstein. En mi libro *Axionmatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre*, Braunschweig, 1924, presento una exposición detallada de este problema. La teoría del tiempo contenida en este libro puede ser considerada como continuación de las ideas de Leibnitz, aunque en el momento de escribirlo no estaba enterado de esta relación, ya que no conocía entonces los pasajes relevantes de Leibnitz.

pasaje entero: «Dada la existencia de una multiplicidad de circunstancias concretas que no se excluyen mutuamente, las denominamos *coetáneas* o *coexistentes ('dicentur existere simul')*. De aquí que consideremos los acontecimientos de años pasados como no existentes con los del año presente, ya que están calificados por circunstancias incompatibles.

»Cuando uno o dos elementos no coetáneos contienen el fundamento para un tercero, el primero se considera como el *antecedente* ('prius'), el segundo como el *consecuente* ('posterius'). Mi primer estado de existencia contiene la base para la existencia del último, y dado que, debido a la relación entre todas las cosas, el primer estado en mí contiene también el primer estado de la otra cosa, es, por tanto, anterior a ella. Todos los elementos existentes pueden ser ordenados así, o por la relación de *contemporaneidad* (coexistencia), o por la de ser *antes o después en el tiempo* (sucesión). ('Et ideo quicquid existit alter existenti aut simul est aut posterius'.)

»*El tiempo es el orden de las cosas no coetáneas* ('Tempus est ordo existendi eorum quae non sunt simul'). Constituye así el orden *universal* del cambio en el cual ignoramos la clase específica de cambios que han tenido lugar»[11].

Este pasaje me parece que representa un conocimiento profundo de la naturaleza del tiempo, que no ha sido igualado en todo el período clásico desde Descartes hasta Kant. Incluso la teoría del tiempo de Kant (según está formulada, por ejemplo, en la *Segunda analogía de la experiencia)* no alcanza la agudeza de Leibnitz. La caracterización del tiempo que hace Leibnitz, en cuanto estructura general de las secuencias causales, es superior a la desafortunada caracterización del tiempo que hace Kant como forma de intuición presupuesta por la causalidad. Esta diferencia se ve claramente en la ventaja que supone una teoría del conocimiento fundamentada axiomáticamente. Por tanto, debo remitir al lector a mi libro, mencionado en la página 68.

La explicación del espacio de Leibnitz está relacionada estrechamente con su explicación del tiempo. Dado que hay muchas cosas que existen simultáneamente debe haber un orden de cosas coexistentes: el espacio.

«*El espacio es el orden de las cosas coexistentes*», o el orden de existencia de todas las cosas que son coetáneas.

Posteriormente, Leibnitz lleva a cabo un intento de definir el orden topológico del espacio y el tiempo. El problema se refiere a la relación «*entre*». Si un punto P se halla entre P_1 y P_2, P está más cerca de P_1

[11] WIENER, *op. cit.*, págs. 201-202.

que P_2. De este modo, el orden métrico de un sistema continuo, la comparación cuantitativa de distancias, se basa en un orden topológico, y podemos hablar de una *distancia topológica*, que no puede ser contradicha por ninguna determinación métrica. En consecuencia, cuando Leibnitz habla de «proximidad o alejamiento» en el siguiente pasaje debe ser entendido topológicamente. Sin embargo, esta proximidad topológica sólo puede concebirse en relación con un sistema continuo lineal, esto es, P está más cerca de P_1 que P_2, pero únicamente a lo largo de una línea recta. Por tanto, Leibnitz introduce el concepto de línea recta, que es realmente un concepto métrico. Se encuentra ante el problema de definir bajo qué condiciones se halla P entre P_1 y P_2. Esta definición debe construirse en términos cualitativos, sin el uso de conceptos geométricos. Leibnitz lleva a cabo su construcción con la ayuda de conceptos de la «mayor simplicidad y precisión» [12]. Por imperfecto que pueda ser el resultado obtenido por Leibnitz, el intento de especificar la topología del espacio y el tiempo mediante definiciones tiene gran importancia. Citamos el pasaje entero, ya traducido: «En cada uno de los dos órdenes —el del espacio y el tiempo— podemos hablar de una *proximidad* o *alejamiento* de los elementos *según que se requieran más o menos* puntos de relación para discernir su orden mutuo. ('Secundum utrumque ordinem [temporis vel spatii] propiora sibi aut remotiora censetur, prout ad ordinem inter ipsa intelligendi plaura paucioraque correquiruntur'). Dos puntos están entonces más cerca uno de otro cuando los puntos entre ellos y la estructura que surja de ellos con la máxima precisión constituyen una figura relativamente sencilla.

»Esta estructura (de la mayor precisión), que une los puntos entre los otros dos ('interpositum maxime determinatum'), es el *camino* más sencillo, esto es, el más corto y uniforme de un punto al otro. En este caso, por tanto, la línea recta es el camino más corto entre dos puntos vecinos» [13].

Este pasaje es algo difícil de entender. Si, por ejemplo, quiero determinar el orden temporal de dos acontecimientos A_1 y A_2, que no se suceden el uno al otro lo bastante seguidos como para permitir un juicio directo, inserto un tercer acontecimiento A entre ellos. Si A_1 es anterior a A, y A es anterior a A_2, puedo inferir que A_1 es anterior a A_2. Para determinar el orden de A_1 y A_2 necesitamos un punto de relación. El intervalo de tiempo será más o menos largo según necesitemos más

---

[12] WIENER, *op. cit.*, pág. 202.

[13] *Ibid.*, pág. 202. [He puesto "de la mayor precisión" porque Wiener no traduce "maxime determinatum".]

o menos elementos entre A_1 y A_2. Con el fin de no utilizar el concepto de elemento de relación Leibnitz habla de «la estructura más simple de la mayor precisión» determinada por dos puntos, y esta estructura contiene de hecho un elemento de relación. Debe considerarse que el concepto de la estructura más sencilla define la relación «*entre*». El defecto de esta definición consiste, desde luego, en la vaguedad de los términos «sencilla» y «máxima precisión».

Hay que anotar, además, que, en la construcción de esta teoría del espacio y del tiempo, Leibnitz comienza por el orden del tiempo y considera el orden del espacio solamente después de haber determinado la simultaneidad; procedimiento que resultó provechoso para una axiomatización posterior de la teoría del espacio y el tiempo [14].

Una vez construida su rigurosa teoría del espacio y el tiempo Leibnitz tuvo que hacer frente a la filosofía natural de Newton. Newton comienza con unas afirmaciones empíricas formuladas con mucha precisión, pero añade una superestructura filosófica mística. Leibnitz tenía que oponerse a una teoría que considera el espacio y el tiempo como entidades autónomas que existen independientemente de las cosas y no pudo por menos de considerar superior su propia teoría, sintiéndose como aquel que se ha emancipado de las nociones primitivas de la vida ordinaria y se ve obligado a asumir el papel de expositor. En su quinta y detallada carta a Clarke, Leibnitz trata de convencer a su oponente describiendo el origen de la idea del espacio. «Demostraré *cómo* los hombres llegan a concebir la noción del *Espacio*. Consideran que muchos objetos ('choses') existen al mismo tiempo, y observan en ellos un cierto *Orden* de Coexistencia según el cual la relación de una cosa con otra ('rapport des uns et des autres') es más o menos simple. Este Orden es su *Situación* o *Distancia* ('situation ou distance'). Cuando ocurre que una de estas Coexistentes varía su *Relación* respecto de una Multitud de otras, que no varían su Relación entre ellas, y que otra, recién aparecida, adquiere la misma Relación con las demás que tenía la primera, decimos que ha venido a ocupar el *Lugar* ('place') de la primera, y a este Cambio le llamamos *Movimiento* de Aquel Cuerpo, en cuanto es la Causa inmediata del Cambio» [15]. Leibnitz observa con

---

[14] En mi libro *Axiomatik der Relativistischen Raum-Zeit-Lehre* construyo la topología del espacio de una manera similar. En esta axiomatización el concepto *especialmente más cerca* se reduce al concepto *temporalmente anterior*, mediante una clase especial de secuencia causal: las primeras señales.

[15] SAMUEL CLARKE, *A Collection of Papers, Which passed between the late Learned Mr. Leibnitz and Dr. Clarke, in the Years 1715 and 1716*, Londres, 1717, pági-

justeza que él no define el «*lugar*», sino el «mismo lugar» (la 'même place') [16] y reconoce que este procedimiento es admisible. Podemos complementar las citas precedentes haciendo notar que la relación de una cosa *A* con las otras *C*, *E*, *F*, *G*... sólo puede deducirse mediante observación, por ejemplo, observando la brillantez creciente de una cosa, *F*, que había estado anteriormente a la sombra de *A*. Si vuelve a presentarse el primer estado, de modo que otra cosa *B* tiene ahora la misma relación con *C*, *E*, *F*, *G*... que tenía anteriormente *A*, es decir, que *B* arroja ahora sombra sobre *F*, decimos que *B* ha ocupado el lugar de *A*. Debido a pequeñas diferencias en la posición de *B*, podemos descubrir que *B* es ahora la causa de la sombra, y no *A*. *El lugar de A* es un concepto que caracteriza a un estado de cosas determinado *A*, *C*, *E*, *F*, *G*...

Continúa Leibnitz: «Y aquello que comprende *todos estos lugares* se llama *Espacio* ('ce qui comprend tous ces places est apellé Espace'). Lo que demuestra que, a fin de tener una Idea del *Lugar* y, en consecuencia, del *Espacio*, es suficiente con considerar estas *Relaciones* y las Reglas de sus Cambios, sin necesidad de imaginarse ninguna Realidad absoluta *fuera* de las cosas ('aucune réalité absolue hors des choses') cuya Situación consideramos» [17]. Si nosotros hipostatizamos el espacio vamos más allá de lo que quiere expresarse mediante el concepto de lugar; el lugar, también, no es algo que exista en sí, sino que representa un estado de cosas. Cosa bastante extraña, estamos inclinados a hipostatizar únicamente el lugar espacial aunque existen otros ejemplos de la misma relación lógica en los que nadie se arriesga a la hipostatización. Leibnitz cita la genealogía como un ejemplo de esto último [18]. Cada individuo ocupa un «lugar» en el orden genealógico y, del mismo modo que en el orden espacial, el lugar de un individuo no indica sino la relación que tiene con otros. En este contexto nadie piensa que el «lugar» sea algo absoluto que tenga algún sentido fuera de las relaciones entre individuos. Aunque aquí también podemos concebir «aquello que comprende todos estos lugares» nadie lo interpreta como una entidad, que exista independientemente. El orden genealógico esquematiza la estructura de relaciones familiares entre individuos y no constituye algo que

---

nas 195-197. [En esta edición la correspondencia francesa original está impresa en las páginas de la izquierda y la traducción inglesa del mismo Clarke en las páginas de la derecha. He sustituido esta edición por la de Cassirer, utilizada en el ensayo alemán.]

[16] *Ibíd.*, pág. 202.

[17] *Ibíd.*, págs. 197-199.

[18] *Ibíd.*, pág. 201.

existe en adición a esta estructura[19]. Este ejemplo es muy llamativo y proporciona una excelente aclaración al problema del espacio. El paralelismo se extiende incluso más allá de lo que Leibnitz había advertido. Según las investigaciones de K. Lewin[20], podemos considerar el orden genealógico como el orden espacio-temporal de la evolución biológica, exactamente del mismo modo que tenemos que considerar el orden causal como el orden del espacio y el tiempo en física. Aquí, como en muchos otros terrenos —mencionaré únicamente el *análisis situs* y las características geométricas—, las ideas de Leibnitz han sufrido en nuestros días una extensión y elaboración imprevistas, ya que sólo ahora es posible entenderlas completamente.

Me gustaría hacer una breve observación sobre la superioridad de la teoría del espacio y el tiempo de Leibnitz, sobre la de Kant[21]. Leibnitz habla de «la idealidad del espacio y el tiempo» únicamente en relación con formulaciones más rigurosas y deja bien sentado que el espacio y el tiempo constituyen una estructura dentro de las que se ordenan las cosas, pero que en sí mismos no son cosas. Kant mantuvo esencialmente la misma idea, pero su terminología se presta a peligrosos equívocos. A pesar de su idealidad, el espacio y el tiempo no están menos enraizados en la naturaleza de las cosas que cualquier otro esquema conceptual de la ciencia. Si bien la genealogía constituye un orden conceptual, describe, sin embargo, un estado real de los individuos.

---

[19] Leibnitz lleva el paralelismo entre el orden espacial y el genealógico un grado más adelante, a fin de poder aplicar el concepto de movimiento dentro del orden genealógico. "Y si a esto se añadiese la Ficción de una *Metempsicosis*, y volver a introducir las *mismas* Almas Humanas de nuevo, las Personas de aquellas Líneas podrían cambiar de lugar" (CLARKE, *op. cit.*, pág. 201). La Metempsicosis funciona como una analogía del movimiento en el espacio y en el tiempo; un individuo sustituye a otro, adquiriendo aquella relación con el todo, que el primer individuo tenía antes que él. Sin embargo, y hablando estrictamente, esta extensión destruye el paralelismo. El árbol genealógico tiene una dimensión temporal y ha de compararse no sólo con el espacio, sino con un complejo espacio-temporal de dos dimensiones, tal como el que se utiliza en los diagramas de la transformación de Lorentz. En este caso no hay movimiento; existen sólo *líneas a través del mundo.* Cada línea temporal del árbol que arranca del abuelo al padre, al hijo, etc., representa un movimiento, a saber, la transición de una generación a la siguiente. Cada generación corresponde *en el espacio a un tiempo determinado.*

[20] KURT LEWIN, *Der Begriff der Genese in Physik, Biologie und Entwicklungsgeschichte*, Berlín, 1922.

[21] Se encontrará una comparación detallada entre la teoría de Leibnitz y la de Kant en la obra de CASSIRER, *Leibnitz, System*, Marburg, 1902, págs. 271 y sigs. Cassirer utiliza la evaluación de Leibnitz dada por Kant en "Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft". Cassirer quiere señalar la relación estrecha entre las dos doctrinas, mientras que a mí me parece que, a la luz de la solución relativista del problema, la teoría de Leibnitz debe ser colocada por encima de la de Kant.

Hay que evitar, no obstante, el conocido error epistemológico de considerar que una «descripción» equivale a una «copia de la realidad». El espacio y el tiempo tienen una función similar. Aunque constituyen esquemas conceptuales, describen estados de cosas que existen realmente. Axiomatizaciones recientes han demostrado que se puede formular el contenido empírico de la descripción de una manera mucho más rigurosa. Leibnitz, desde luego, no vio todavía la posibilidad de una construcción ampliada semejante, en la que el espacio y el tiempo no representan sino el orden empírico dado de las secuencias causales en el mundo. Sin embargo, su teoría del espacio y el tiempo conduce directamente a este resultado, mientras que no ocurre así con la de Kant. Debido a su doctrina del carácter dual del espacio y el tiempo, su idealidad trascendental y realidad empírica, Kant trató de un modo totalmente inadecuado el carácter objetivo del espacio y el tiempo [22].

La respuesta que da Clarke a la exposición del problema de Leibnitz manifiesta una estrechez de miras tal que no puede contribuir de modo significativo a la clarificación de la cuestión. Convencido de su superioridad, Clarke declara, con la complacencia de quien no está cohibido por ninguna capacidad para una mayor ilustración, que los pasajes relevantes en la carta de Leibnitz «no contienen argumentos serios» [23]. Más aún: trata de señalar contradicciones en las ideas de Leibnitz. Considera que es una contradicción decir que un orden de situaciones constituya una cantidad [24]. Leibnitz había explicado anteriormente que el orden de serie —la existencia de elementos antecedentes y precedentes— proporciona las condiciones de medibilidad [25]. Clarke mantiene, evidentemente, la idea de que la cantidad es un concepto absoluto. Lo poco que entiende Clarke el modo de pensar de Leibnitz se confirma en una carta anterior. Clarke arguye que si la Tierra, el Sol y la Luna estuviesen situados donde se hallan ahora las estrellas fijas más remotas, pero conservando sus posiciones relativas, entonces, según las ideas de Leibnitz, no sólo conservarían los mismos efectos unos sobre otros, sino que también ocuparían sus presentes lugares, ya que Leibnitz considera que el lugar es una relación mutua, todo lo cual sería una contradicción

---

[22] Para una caracterización de la realidad mediante sistemas conceptuales véase mi exposición en *Relativitätstheorie und Erkenntnis Apriori*, Berlín, 1920, págs. 85 y sigs. Sin embargo, la caracterización del contenido invariable de la métrica dada en este libro necesita ser corregida, y está superada por mi *Axiomatic der relativistischen Raum-Zeit-Lehre*.

[23] CLARKE, *op. cit.*, pág. 299.

[24] *Ibid.*, págs. 309, 347.

[25] *Ibid.*, pág. 215.

manifiesta [26]. Clarke no ve que la contradicción surge sólo para el absolutista, no para el relativista. Si no existiesen en el mundo otros cuerpos que la Tierra, el Sol y la Luna, dichos cuerpos conservarían verdaderamente sus lugares, porque el cambio a otra posición sería completamente ficticio. Pero si existiesen, además, las estrellas fijas, entonces, según las ideas de Leibnitz, la Tierra, el Sol y la Luna cambiarían de lugar, dado que habría cambiado su posición relativa en relación con las estrellas fijas y que sus lugares están determinados no sólo por sus relaciones mutuas, sino también por sus relaciones con todos los demás cuerpos [27]. Leibnitz defiende también con brillantez la relatividad cinemática. Clarke había objetado que el hecho del movimiento no puede depender de la observación: un barco se mueve aunque su movimiento no pueda ser observado por una persona que se encuentra dentro de los camarotes [28]. Leibnitz da la contestación concluyente: «El movimiento no depende, es cierto, de que sea *Observado;* pero depende de que *pueda ser Observado.* No hay *Movimiento* cuando no existen *Cambios que puedan ser Observados.* Y cuando no *existen Cambios que puedan ser Observados,* no hay ningún Cambio en absoluto» [29].

El principio de la identidad de los indiscernibles, en la medida en que estemos dispuestos a admitirlo, origina grandes dificultades a la concepción relativista de Leibnitz, por cuanto el movimiento no se considera ya de modo cinemático, sino dinámico. Aunque la interpretación filosófica del espacio y el tiempo de Clarke es totalmente inferior [30], se sirve de un argumento referente al problema del movimiento que Leibnitz no puede refutar de un modo decisivo. Newton había sugerido que podría utilizarse la fuerza centrífuga como criterio para distinguir el movimiento absoluto del relativo. Cuando Clarke expone el argumento de Newton [31], Leibnitz debe admitir que es posible caracterizar como absoluto un movimiento, por lo menos dinámicamente, aunque el principio de identidad de los indiscernibles diga lo contrario... «Sin em-

---

[26] *Ibíd.*, pág. 75.

[27] Cassirer ha apuntado ya esta *petitio principii* de Clarke en la pág. 141 de su edición de las *Leibnitz' Works.*

[28] CLARKE, *op. cit.*, pág. 133.

[29] *Ibíd.*, págs. 211-213.

[30] La opinión de que Clarke no tuvo demasiado éxito al defender su postura está ampliamente aceptada, incluso por aquellos filósofos que han abandonado el kantismo. Véase, por ejemplo, *La filosofía del "Como Si"*, de HANS VAIHINGER, Londres, 1924, págs. 229 y sigs. Sin embargo, el intento de Vaihinger de reconciliar los puntos de vista contrarios de los oponentes, utilizando su noción de ficciones (pág. 230), no puede sostenerse a la luz de la física moderna.

[31] CLARKE, *op. cit.*, pág. 133.

bargo, concedo que existe *una diferencia* entre *el verdadero movimiento absoluto de un Cuerpo y un simple Cambio relativo en su Situación respecto de otro Cuerpo*, ya que cuando la Causa inmediata del Cambio está en el Cuerpo, Ese Cuerpo se encuentra realmente en Movimiento; y entonces la Situación de otros Cuerpos con respecto a él cambiará consecuentemente, aunque la Causa de ese Cambio no se halle en Ellos» [32]. Leibnitz podría argüir que la fuerza centrífuga de la rotación de la Tierra, observable, por ejemplo, en el aplanamiento de los polos, demuestra que las fuerzas impulsoras de la rotación radican en la Tierra y no en las estrellas fijas. Por tanto, debe concebirse la rotación de la Tierra en este caso «como un verdadero movimiento absoluto», mientras que la rotación de las estrellas fijas constituye «un simple cambio relativo de situación». Esta admisión constituye una seria quiebra en la teoría del movimiento de Leibnitz, ya que la distinción entre movimiento absoluto y relativo equivale a la aceptación de las ideas de Newton. Leibnitz carece del argumento de Mach que, por sí solo, puede defender la relatividad del movimiento dinámico. De aquí en adelante la argumentación de Leibnitz se vuelve inadecuada. Clarke había declarado [33]: «La *realidad del Espacio* no es una *Suposición*, sino que se *prueba* por los Argumentos que preceden a los que no se ha dado ninguna Respuesta». Desde luego, Clarke no se da cuenta de cuál de sus argumentos es decisivo, porque ninguno de los argumentos a que se refiere mencionan la fuerza centrífuga; hasta ahora sus argumentos han consistido tan sólo en inadmisible dialéctica absolutista. Parece como si en este punto hubiera intervenido el consejero invisible de Clarke, el propio Newton, ya que ahora menciona Clarke el problema relativo a la rotación. Desde este momento los razonamientos de Clarke quedan expuestos al ataque. No piensa que su admisión de una distinción entre el movimiento verdadero y el relativo afecte a su concepción del espacio. Su idea ha de entenderse, probablemente, de la siguiente manera: Para Leibnitz el espacio no es la causa de las fuerzas centrífugas, sino que estas fuerzas radican, más bien, en los mismos cuerpos. Al hablar de movimiento verdadero no considera el movimiento como un proceso en el espacio, ya que tal proceso es siempre relativo, sino como un proceso dinámico que no es espacial.

Leibnitz necesita, por tanto, dos conceptos diferentes de movimiento: uno que se aplica a un proceso en el espacio y el otro a un proceso en el interior de las cosas. Esta concepción es apenas sostenible, pues im-

---

[32] *Ibíd.*, pág. 213.
[33] *Ibíd.*, pág. 135.

plica que el movimiento, en cuanto proceso interno, nos sirve para distinguir movimientos equivalentes desde el punto de vista cinemático. Por desgracia, Leibnitz pasa con mucha rapidez sobre estas dificultades. Inmediatamente después del citado pasaje sobre el movimiento verdadero escribe: «Así, no he dejado de contestar ninguno de los argumentos en favor de la realidad absoluta del Espacio» [34]. Hay que conceder que Clarke está en su derecho al no contentarse con esta explicación, y en su carta de respuesta vuelve sobre el tema de la fuerza centrífuga [35]. Concluye diciendo que, según el punto de vista de Leibnitz, el Sol en rotación perdería su fuerza centrífuga si toda la materia alrededor del mismo resultara destruida. Esta conclusión es realmente correcta y la física moderna así lo admite. No conocemos, desgraciadamente, lo que Leibnitz habría contestado, porque la correspondencia quedó interrumpida en este punto por su muerte. Si hubiésemos de proseguir las ideas de Leibnitz consistentemente, diríamos que sería posible la aparición de fuerzas centrífugas en un Sol no rodeado de materia y, por tanto, en un Sol rodeado de estrellas fijas. Ahora bien, en este caso, no consideraríamos la fuerza centrífuga como un criterio de rotación, ya que el movimiento de un cuerpo aislado representa una ficción sin sentido. Los conceptos de movimiento, en cuanto proceso en el espacio, carecen de sentido en relación con un cuerpo aislado, pero no podemos extraer conclusiones relativas a su estado dinámico [36]. Desde luego, es empeño vano proseguir las ideas de Leibnitz más allá de donde él las dejó. Debemos lamentar que el problema de la rotación no sea tratado más extensamente en esta correspondencia, porque Leibnitz podría haberse visto obligado a un análisis más riguroso que le podría haber evitado la inconsistencia de aceptar el movimiento dinámico absoluto. Dadas las circunstancias, debemos contentarnos con la consistente defensa que Leibnitz hace de la interpretación relativista del espacio como un esquema de orden, aunque no desarrollase una teoría relativista del movimiento [37].

---

[34] CLARKE, *op. cit.*, pág. 213.

[35] *Ibid.*, pág. 295.

[36] Cassirer presenta una interpretación diferente en su edición de las *Leibnitz Works;* véase pág. 219, nota 158.

[37] Se ha señalado bastantes veces, en discusiones sobre la teoría de la relatividad, que Kant realiza también la distinción entre movimiento *espacial* y *verdadero* en *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft.* Kant llama "movimiento verdadero" al movimiento circular y lo distingue del "movimiento aparente", pero no lo caracteriza como movimiento absoluto, en contraste con el movimiento relativo. Leibnitz anticipó esta concepción de Kant. Me parece que una ventaja de la interpretación de Kant —que, dicho sea de paso, y como nuestra propia elaboración de las ideas de Leibnitz, trata el problema de un cuerpo aislado por referencia a la rotación reconocible mediante las fuerzas de Coriolis— consiste en que no considera la distinción

4

La correspondencia con Clarke no podía conducir a una solución del problema del movimiento porque el nivel intelectual de los oponentes en la discusión era demasiado desigual. Leibnitz tenía que responder al teólogo Clarke con argumentos teológicos, que se suponía habían de resolver la discusión sobre la naturaleza del espacio, basándose en la perfección y dignidad de Dios. Por otra parte, el mismo Leibnitz estaba tan acostumbrado a los argumentos teológicos, le resultaba tan natural estructurar consideraciones epistemológicas en términos teológicos, que una considerable parte de la discusión carece de interés para nosotros. Podemos esperar mejores resultados cuando Leibnitz se enfrenta con un oponente que sea su igual y con quien pueda comunicar sus ideas de una manera más justificada. Por esta razón, su correspondencia con Huyghens es uno de los documentos más importantes para la evaluación de su teoría del movimiento.

Aun cuando la teoría del movimiento que Leibnitz formula en su correspondencia con Huyghens es más profunda que la que desarrolló en sus cartas a Clarke, no debemos pensar que la teoría más profunda sea la posterior. Esta correspondencia precedió veinte años en el tiempo a la sostenida con Clarke, y Leibnitz basó sus réplicas a Clarke en la teoría del movimiento que había desarrollado previamente. Al parecer, la creencia de que podía esperar un entendimiento completo de sus ideas por parte de su antiguo profesor de matemáticas animó a Leibnitz a ser más abierto en sus comunicaciones con Huyghens, mientras que la actitud hostil de Clarke le compelió a pasar por alto problemas que quedaban sin resolver, y, en su lugar, exponer la fundamentación epistemológica de su concepción de un modo más detallado. Estas consideraciones explican el método utilizado en nuestra presentación de la teoría del movimiento de Leibnitz, que comienza por la fuente cronológicamente posterior y vuelve después a la primera en el tiempo.

Las discusiones entre eruditos de mentalidad similar, y que trabajan en el mismo campo, son más breves normalmente en sus exposiciones

---

entre movimiento verdadero y aparente como una objeción contra Newton. La vehemencia con la que Leibnitz se opuso a Newton se debe, aparte de la situación histórica, que le convirtió en rival de Newton en la controversia sobre la invención del cálculo integral, más bien a sus diferentes concepciones del espacio que a su desacuerdo sobre el movimiento. La teoría del espacio de Leibnitz es superior a la de Newton y, como hemos tratado de demostrar, también a la de Kant, pero él hizo resaltar las diferencias entre su teoría del movimiento y la de Newton con más vigor de lo que era aconsejable, dada su incapacidad para demostrar la relatividad dinámica.

que las presentaciones con vistas a un auditorio mayor. Lo que debe ser explicado al estudiante u oponente por medio de prolijas y detalladas ilustraciones y recursos psicológicos puede comunicarse a un colega mediante una sencilla observación. La dedicación al mismo tema crea una atmósfera común, en la que resultan suficientes medios de expresión más esquemáticos para compartir el conocimiento. Esta circunstancia puede dificultar a lectores posteriores el entendimiento de una correspondencia entre expertos. Sin embargo, los avances de la ciencia pueden capacitar a los que vienen detrás para ver un problema bajo la misma luz, o incluso más brillante, tal vez, que sus descubridores. Así, a quienes se nos ha concedido el privilegio de conocer la solución de Einstein al problema del movimiento, podemos apreciar la gran importancia de la correspondencia entre Leibnitz y Huyghens. Incidentalmente, la discusión del problema del movimiento constituye la parte menor de esta correspondencia. Los pasajes interesantes sobre el problema del movimiento, en los cuales los dos grandes matemáticos se informan el uno al otro brevemente de sus ideas respectivas, se encuentran sólo en el último año de la correspondencia [33], y estos pasajes se encuentran dispersos a lo largo de extensas exposiciones sobre el cálculo integral (en las cuales Leibnitz trata de explicar la ventaja de su cálculo a su profesor, quien primero dudaba en aceptarlo), sobre la óptica de Newton y de Huyghens, los átomos y muchos otros asuntos.

El estilo lúcido de esta correspondencia revela, en el acto, un encuentro de mentes afortunadísimo. Ambos corresponsales no se hallan comprometidos en una controversia sobre concepciones del mundo. Por el contrario, coinciden en el enfoque fundamental del problema. Tanto Leibnitz como Huyghens se oponen a la filosofía de Newton. Se ven repelidos por las tendencias sobrenaturalistas de este físico, que se apoya en Henry More y vuelve siempre a lo místico y dogmático en cuanto traspasa las fronteras de su campo particular. Los dos saben que no puede ser correcta la cruda concepción de un espacio sustancial, que Newton comparte con el hombre lego, inculto desde el punto de vista epistemológico. Por mucho que respeten los descubrimientos físicos de Newton, rechazan las consecuencias filosóficas que él extrae de esos descubrimientos. Huyghens pronosticó incluso que Newton revisaría su interpretación del movimiento en la próxima edición de los *Principia*. ¡Tan seguro se encontraba al rechazar el absolutismo de Newton!

La discusión sobre movimiento comienza cuando Huyghens pregunta

---

[33] Reconociendo la importancia de esta discusión E. Cassirer ha incluido estos pasajes de la correspondencia en su edición de Leibnitz.

a Leibnitz cuál es su concepto del movimiento real. En su respuesta Leibnitz no entra en el análisis del concepto de espacio, como hace en sus cartas a Clarke, sino que explica inmediatamente su concepción del movimiento. Esta concepción manifiesta la misma dualidad que hemos señalado antes. El movimiento, en cuanto proceso en el espacio, es relativo, pero debe existir un agente del movimiento en el cual radique la fuerza impulsora, y este agente se encuentra en el movimiento verdadero. Leibnitz piensa que, si no existiese tal agente, la fuerza impulsora no sería real. No obstante, no considera que esta concepción constituya una violación de la relatividad, puesto que los procesos observados geométricamente no facilitan ningún medio de determinar el agente del movimiento. «Si *a* y *b* se aproximan uno a otro, admito que todos los fenómenos serán los mismos, siendo irrelevante a cuál de ellos se adscriba el movimiento o el reposo; e incluso si existiesen 1.000 cuerpos, estoy de acuerdo en que los fenómenos no proporcionarán (ni aun a los ángeles) un criterio infalible para determinar el agente o el grado del movimiento ('pour determiner le sujet du mouvement ou de son degré'), y que podría concebirse indiferentemente que cualquiera de ellos se encuentra en reposo» [39].

Leibnitz experimenta dificultades con esta concepción. Debe asegurar que «cada cuerpo tiene realmente cierto grado de movimiento, o de fuerza, si se prefiere, no obstante la equivalencia de la asunción» [40]. Aunque admite que no puede descubrirse la fuerza verdadera, supone que existe. Dado que esto contradice el principio de identidad de los indiscernibles, debe buscar un método para determinar la fuerza verdadera. Cree que puede soslayar esta dificultad mediante el hallazgo de un método no geométrico para descubrir dicha fuerza. Se enfrenta con un problema de dinámica, y su concepto de movimiento verdadero le obliga a mantener que la dinámica contiene un principio metafísico no geométrico, y que el «movimiento» tiene un sentido metafísico, así como espacial. Puesto que puede distinguirse el agente del movimiento, concluye Leibnitz «que existe en la Naturaleza algo que la geometría no puede determinar, no siendo ésta la menos importante de las razones de las que me sirvo para probar que, además de la extensión y sus cambios ('variations'), que son algo puramente geométrico, hay que tener en cuenta algo mucho más importante, a saber, la fuerza» [41].

---

[39] [Traducción del texto original de *Leibnitzens mathematische Schriften*, ed. por C. I. Gerhardt, Berlín, 1850, vol. II, pág. 184.]

[40] GERHARDT, *op. cit.*, pág. 184.

[41] *Ibíd.*, pág. 184.

Tenemos aquí, en una forma mucho más pura que en la contestación a Clarke, una formulación del concepto metafísico del movimiento. Movimiento en sentido metafísico no es «cambio de lugar», sino aparición de fuerzas.

En este pasaje se mezclan, de un modo extraño, ideas modernas y absolutas. Leibnitz ve que es imposible reconocer el movimiento verdadero mediante observación directa. Tampoco la dinámica proporciona evidencia directa de la aparición de una fuerza, dado que se puede inventar una hipótesis dinámica para cada una de las interpretaciones equivalentes del movimiento. Se preferirá una interpretación determinada sólo por su simplicidad («la simplicité de l'hypothèse»). Así, se prefiere el sistema de Copernico al de Ptolomeo debido a su simplicidad: constituye meramente el sistema más adecuado para explicar los fenómenos («ad explicanda phaenomena aptissima») [42]. Sin embargo, Leibnitz cree que la explicación más sencilla debe considerarse como verdadera [43] («qu'on peut tenir la plus simple, tout, considéré, pour la véritable»), y, de este modo, su investigación sobre la equivalencia lógica de las explicaciones dinámicas le conduce a reafirmar la certeza metafísica de uno de los movimientos. Es su sistema metafísico el que le influye en este punto. Su *Monadología* está estrechamente relacionada con su concepto absolutista de la fuerza y, así, la totalidad de su sistema se convierte en el obstáculo que le impide realizar un análisis consistente de este problema particular.

Leibnitz presenta por primera vez un argumento que, ciertamente, constituye una objeción seria contra la teoría del movimiento de Newton y que ha ejercido gran influencia histórica. Este argumento demuestra la inconsistencia inherente al tratamiento especial de Newton del movimiento rectilíneo y uniforme. Si se concibe el espacio como algo real, y si es posible determinar un movimiento en relación con el espacio mediante criterios dinámicos, entonces debe de ser posible también caracterizar a uno de los movimientos uniformes como un estado de reposo. La relatividad dinámica del movimiento uniforme resulta tan inconsistente dentro de la estructura de la teoría absolutista del movimiento de Newton como el postulado de un estado metafísico de movimiento

---

[42] De la "Promemoria" que Leibnitz presentó al Vaticano. Ver GERHARDT, *op. cit.*, vol. VI, pág. 146.

[43] Se siente uno inclinado a compartir el aserto de Leibnitz, ya que hoy, más que en cualquier otro tiempo, se acepta la simplicidad como criterio de verdad. Pero, precisamente en este caso, el argumento no es correcto. Debo remitir al lector a mi libro *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre* (sección 2), mencionado en la página 74.

dentro de la teoría relativista de Leibnitz. Parece que el propio Newton no se dio cuenta de esta inconsistencia. Por lo menos, no conozco ningún pasaje que pueda inducir a creer lo contrario.

Leibnitz, mucho más perceptivo en lo que se refiere a los aspectos epistemológicos, debe haberse sentido incómodo a causa de esta discrepancia en su teoría del movimiento. Al admitir «las fuerzas verdaderas» Leibnitz había eliminado uno de los movimientos equivalentes cinemáticamente, y se veía inducido, por tanto, a tratar de extender la relatividad cinemática al movimiento dinámico, mediante una serie de asunciones sobre el agente del movimiento. Newton había alegado que el movimiento circular era una contrapartida de la relatividad dinámica. Leibnitz, sin embargo, declaró que «el movimiento circular no gozaba de prerrogativas a este respecto» y que «todas las asunciones eran equivalentes» [44]. Se podría esperar que en este punto presentase Leibnitz una solución según las líneas del argumento de Mach. Mach sostuvo que no había por qué restringir el origen de la fuerza centrífuga a la Tierra como agente del movimiento, sino que se podía adscribir igualmente a las estrellas fijas. De este modo, puede ajustarse la distribución de fuerzas sobre las masas para seleccionar la descripción cinemática del movimiento. Desgraciadamente, Leibnitz se refería tan sólo a otra explicación basada en determinadas ideas peculiares sobre la naturaleza de un cuerpo. Nunca sabremos lo que quiso decir con esta observación.

5

En comparación con Leibnitz, Christian Huyghens —o Hughens de Zulichem, como firmaba su nombre en la versión francesa de estas cartas— se revela como el más consistente relativista. Aunque admite que había aceptado con anterioridad el papel especial del movimiento circular en el sentido de Newton, dice que ha abandonado esta idea posteriormente. Está firmemente convencido de que el movimiento real no existe, sino únicamente el relativo. Tampoco se deja «distraer por los razonamientos y experimentos de Newton en sus *Principios de filosofía,* que yo sé que son erróneos ('Sans m'arrester au raisonement et expériences de Mr. Newton dans ses *Principes de Philosophie,* que je scay estre dans l'erreur')» [45]. Rechaza también el concepto de movimiento verdadero de Leibnitz: «No puedo estar de acuerdo con usted

[44] GERHARDT, *op. cit.*, vol. II, pág. 199.
[45] *Ibíd.*, pág. 177.

en que un número de cuerpos que están en movimiento relativos unos respecto de otros tengan un cierto grado de movimiento o fuerza verdadera ('de mouvement ou de force véritable')[46]. Advierte, evidentemente, la debilidad de la concepción de Leibnitz y, de este atisbo sólo, que se centra en el mayor error de la teoría de Leibnitz, podemos concluir que Huyghens poseía una concepción más discriminatoria del movimiento dinámico. Sin embargo, estas cartas no dicen nada acerca del contenido de la teoría de Huyghens, quien se limita a señalar que ha encontrado «la idea más correcta del movimiento circular hace dos o tres años»[47]. La última carta que Huyghens escribió a Leibnitz cuatro meses después no se refiere al problema del movimiento, y entonces su muerte interrumpió la correspondencia para siempre.

Así, esta correspondencia concluye con la aseveración de los dos matemáticos de que poseen una solución al problema del movimiento circular que se ajusta a la postura relativista, incluso en sus aspectos dinámicos. Aunque en el caso de Leibnitz debamos contentarnos meramente con su afirmación, sin disponer de base alguna para creer que había encontrado, efectivamente, una solución, nos hallamos en una posición más afortunada por lo que se refiere a Huyghens. J. Korteweg ha descubierto recientemente varios manuscritos entre sus escritos póstumos, que fueron preservados cuidadosamente en Leiden y han sido publicados ahora por J. A. Schouten[48]. Después de más de dos siglos hemos recibido por fin la respuesta a la pregunta más importante que quedó planteada en la correspondencia con Leibnitz. Estos manuscritos revelan que Huyghens fue el primer relativista que trató de resolver el problema de la dinámica del movimiento circular, aunque su solución no fuera la correcta.

Existen cuatro páginas separadas en las cuales Huyghens escribió notas relativas al problema del movimiento circular. La primera y más temprana nos muestra a un Huyghens que todavía sostiene la idea de Newton de que la velocidad de la rotación se debe calcular por medio de la fuerza centrífuga. La segunda página, a la que Korteweg asigna la fecha de 1692, basándose en una observación de una de las cartas de Huyghens a Leibnitz, atestigua el cambio decisivo en la interpretación de Huyghens del movimiento circular y, junto con la tercera página, que data del mismo año, indica la solución de Huyghens al

---

[46] *Ibid.*, pág. 192.

[47] *Ibidem.*

[48] *Jahresbericht d. deutschen Mathematiker-Vereinigung*, Leipzig, 1920, volumen XXIX, págs. 136-144.

problema. La cuarta página, que debe ser fechada más tarde, contiene un resumen de esta solución.

La solución de Huyghens se basa en un descubrimiento cinemático: el cambio de distancia mutua no es el único criterio del movimiento relativo. Si observamos un disco que gira, dos puntos diametralmente opuestos se mueven siempre en dirección contraria, esto es, se mueven relativamente uno de otro sin ningún cambio de distancia entre ellos [49]. En este caso no puede tener lugar un cambio de distancia debido a la conexión rígida entre los dos puntos. Por consiguiente, Huyghens concluye que no puede inferirse que dos cuerpos estén en reposo relativo uno de otro, de la constancia de la distancia existente entre ellos. Tal inferencia se justifica sólo si no existe, además, conexión física entre los cuerpos. Es cierto que los cuerpos libres, pero sólo dichos cuerpos, cambian sus distancias cuando se encuentran en movimiento relativo. Si dos esferas conectadas mediante una cuerda son empujadas en direcciones distintas, perpendiculares a la línea de conexión, comenzarán a moverse relativamente una respecto de otra. Debido a la cuerda que las une, este movimiento relativo no irá acompañado de un cambio en su distancia mutua, sino que quedará restringido a la rotación. Hay que modificar, por consiguiente, la definición habitual de «reposo»: «sólo se debe admitir que los cuerpos se encuentran en descanso relativo unos de otros si mantienen su posición relativa mutua estando libres para moverse por separado, y sin estar unidos o atados juntos ('il faut donc scavoir que l'on connoit que des corps sont en repos entre eux, lorqu'estant libres a se mouvoir séparément et point liez ni detenus ensemble, ils gardent leur position entre eux')» [50]. La condición de que los cuerpos no estén conectados es una característica nueva de la definición de Huyghens.

Basándose en esta definición, Huyghens llega a la interpretación del movimiento circular como un movimiento relativo; como el movimiento relativo de las partes de un círculo, unas respecto de otras, no como un movimiento absoluto respecto del espacio. El carácter relativo de este movimiento ha sido pasado por alto, debido únicamente a que no va acompañado de un cambio de distancias. De aquí que se haya establecido la relatividad dinámica: El hecho de la rotación se puede inferir de la aparición de una fuerza centrífuga, pero este efecto dinámico confirma sólo, una vez más, un movimiento relativo: el de las

---

[49] En lenguaje matemático: La diferencia de sus vectores de velocidad no es igual a cero.

[50] *Op. cit.*, pág. 139.

partículas individuales unas de otras. «Durante mucho tiempo pensé que el criterio del movimiento verdadero radicaba en la fuerza centrífuga. Realmente, respecto de todos los demás fenómenos, es irrelevante que una rueda o disco gire mientras yo estoy quieto, o que yo dé vueltas alrededor de un disco estacionario. Pero, si se coloca una piedra en la periferia, será arrojada hacia fuera cuando el disco gire y, por consiguiente, pensaba que el círculo no gira en sentido relativo respecto de cualquier otro cuerpo ('nulla ad aliud relatione'). Sin embargo, este fenómeno demuestra sólo que las partes de la rueda están impulsadas en direcciones opuestas relativamente unas de otras ('motu relativo ad se') a través de la presión ejercida en la periferia. El movimiento circular es, pues, un movimiento relativo de las partes que son impulsadas en direcciones opuestas, pero que se mantienen unidas mediante un cordel o conexión ('ut motus circularis sit relativus partium in partes contrarias concitatarum sed cohibitus propter vinculum aut connexum')» [51].

Esta solución al problema de la rotación es tan nueva como interesante. Representa una interpretación consistente de la relatividad dinámica; de la idea de que, incluso de la aparición de fuerzas, sólo se puede inferir un movimiento relativo de los cuerpos. Esta solución abandona el concepto de movimiento verdadero de Leibnitz, y Huyghens resalta cuidadosamente que el movimiento circular no nos ayuda a precisar cuál de las partes giratorias ha recibido el primer impacto, esto es, cuáles de ellas son los agentes del movimiento y están en movimiento verdadero según el sentido de Leibnitz. Se podría considerar, quizá, esta solución como la primera teoría de la relatividad, aun cuando no pueda sostenerse a la luz de la teoría moderna.

Hoy diríamos que el movimiento relativo de las partes de un círculo puede «transformarse hasta desaparecer», que existe un sistema estacionario de coordenadas en el cual se desvanece, a saber, el sistema que gira junto con las partes. A este respecto, el movimiento giratorio relativo difiere de otros movimientos. Los movimientos relativos de traslación, por ejemplo, van acompañados en cada sistema estacionario de coordenadas, de diferencia en las velocidades de los cuerpos individuales. Deben darse los siguientes requisitos respecto de la relatividad dinámica: si se observa un efecto dinámico, debido al movimiento de un cuerpo desde un sistema de coordenadas, el cuerpo debe estar también en movimiento relativo respecto de ese sistema de coordenadas. Esta condición se realiza en movimientos que no pueden ser «transformados

[51] *Ibid.*, pág. 142.

hasta desaparecer», donde la fuerza aparece en cada sistema de coordenadas (esto es, la fuerza constituye un tensor). En el caso del movimiento circular, sin embargo, podríamos esperar que la fuerza centrífuga se desvaneciera en el sistema giratorio consiguiente. Sin embargo, no ocurre así. Un cuerpo que se mueve junto con un disco giratorio está sometido al impulso del disco y no puede interpretarse la fuerza centrífuga como un efecto del movimiento relativo de las partes del disco, puesto que este efecto se presenta también en aquel sistema en el que el movimiento relativo es igual a cero.

Aunque debamos rechazar la solución de Huyghens por incorrecta, su mérito histórico permanece inalterable. Manifiesta una consistencia, al interpretar el problema del movimiento, nunca lograda antes de Huyghens, y sólo alcanzada por Mach y Einstein con posterioridad. Esta solución es la respuesta de una mentalidad infatigablemente investigadora, guiada por su percepción de la naturaleza del movimiento y que con este motivo emprendió la lucha contra el impresionante sistema de Newton. Tanto Leibnitz como Huyghens están sostenidos en su valoración del problema del movimiento por una convicción que apunta constantemente sus teorías en una dirección única, del mismo modo que un campo magnético atrae a la aguja de una brújula. Si en esta búsqueda Leibnitz estaba preparado con más rigor en el terreno epistemológico y, en consecuencia, estaba más capacitado para realizar un análisis lógico del problema, Huyghens tenía una base mejor de matemática aplicada y, al estar menos embarazado por una epistemología propia, fue más consistente en su solución al problema de la rotación. Huyghens debe haber experimentado un sentimiento de superioridad muy profundo con relación a la teoría de Newton y las palabras finales de Newton en la introducción a sus *Principia*, citadas al comienzo de este ensayo, resultaron probablemente trágicas incluso a los contemporáneos del gran dogmático del absolutismo. En una de las páginas sueltas donde llama «idea falsa» y «quimera» al movimiento verdadero encontramos la siguiente nota al pie: «Mr. Newton dit qu'il a escrit tout son traité pour connoitre le vray mouvement» [52]. Aunque Huyghens sabía que el objeto que Newton se había fijado para su trabajo era inalcanzable, no pudo evitar la admiración que sentía por los *Principia*. Nos incumbe a *nosotros*, sin embargo, que hemos sido testigos del abandono definitivo de la teoría del movimiento de Newton, expresar nuestro reconocimiento a dos infortunados relativistas del período clásico del absolutismo.

---

[52] "Mr. Newton dice que ha escrito su tratado entero para averiguar el movimiento real." *Ibid.*, pág. 141.

Causalidad y probabilidad [1]

[*Lo que sigue es un extracto de un ensayo de tres partes publicado en* Erkenntnis. *La primera parte subraya brevemente el desarrollo histórico del concepto de probabilidad, comenzando por su aplicación a los juegos de azar y concluyendo con su aplicación corriente en la física cuántica.*

La segunda parte se ocupa del problema de explicar el concepto de probabilidad. Mantiene que la teoría subjetiva, según la cual la probabilidad se refiere al estado de nuestro conocimiento, es inadecuada y debe ser sustituida por la teoría objetiva, que considera la probabilidad como el límite de la frecuencia relativa de los acontecimientos físicos.

La tercera parte que sigue en la traducción está dedicada a la justificación de las afirmaciones de probabilidad.

Para una exposición detallada de las últimas ideas del autor sobre la teoría de la probabilidad véase el número 153 de la Bibliografía.]

Volvamos ahora al problema de la justificación de las afirmaciones de probabilidad. ¿Qué razones tenemos para creer que las afirmaciones de probabilidad son verdaderas? Existen dos aspectos del problema. El primero se refiere al fundamento de aserciones métricas específicas, por ejemplo, que la probabilidad de que salga una determinada cara de un lado es de 1/6. El segundo se refiere a la justificación de afirmaciones de probabilidad más generales, en especial del papel de la inducción.

Tradicionalmente, el problema de la justificación de las afirmaciones de probabilidad se consideraba primariamente en relación con el análisis de las afirmaciones de probabilidad específicas. Este procedimiento no ha llevado siempre a la resolución del problema. En el caso de los juegos de azar, el origen de la métrica de la probabilidad está

[1] Publicado por primera vez en alemán con el título de "Kausalität und Wahrscheinlichkeit", *Erkenntnis*, vol. I, núms. 2-4, 1930, págs. 158-188. Traducido y vuelto a imprimir por amable autorización del editor, Félix Meiner, Hamburgo.

oscurecido por la simetría de las condiciones físicas. Es bien conocido que una consideración de los juegos de azar conduce a la sugestión de que las métricas de probabilidad se construyen siempre sobre la base de casos *equiprobables*. El origen de esta equiprobabilidad se relacionaba generalmente con un principio bastante discutible: el así llamado principio de la razón insuficiente. Según este principio, debemos considerar equiprobables las seis caras de un dado, porque no existe razón para preferir ninguna de ellas. La insostenibilidad de este principio, que se manifiesta en la aparición de toda clase de expresiones desafortunadas, tales como «casos equiposibles», etc., se ha señalado frecuentemente en la literatura [2].

Sin embargo, una métrica de probabilidad se justifica de modo bastante fácil. Nos parece que la solución consiste en reducir los mecanismos de los juegos de azar a funciones de probabilidad. Este método fue sugerido por primera vez por Kries y Poincaré, y ha sido elaborado por el autor a fin de encontrar una solución general a los problemas de la probabilidad en los juegos de azar y de la teoría de los errores [3]. Se puede demostrar que la equiprobabilidad de los juegos de azar es reducible a la asunción de una función continua de probabilidad [4]. Consideremos el juego de la ruleta, por ejemplo: si asumimos que una función continua de probabilidad determina para repetidos giros de la ruleta la frecuencia con que aparece un ángulo dado de rotación del indicador (medido en múltiplos de 2π), entonces la división de la ruleta en sectores rojos y negros es equivalente a la división de los argumentos de la función de probabilidad en pequeños intervalos iguales. Puede demostrarse matemáticamente que la suma de las áreas de los sectores de los números impares es aproximadamente igual a la suma de las áreas de los sectores de los números pares y que, para una función de probabilidad dada, esta aproximación aumenta en la proporción que disminuye la extensión de los sectores. De este modo, la asunción *métrica* de la equiprobabilidad del rojo y negro en el juego de la ruleta se puede reducir a la asunción *topológica* de la existencia de una función continua de probabilidad [5]. Pueden verificarse asunciones corres-

---

[2] H. REICHENBACH, "Der begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit", Diss., Enlangen, 1915, págs. 4-6, 8, 31; R. v. MISES, *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit*, Viena, 1928, págs. 63 y sigs.

[3] REICHENBACH, *op. cit.*, pág. 22.

[4] Con más precisión: la función es integrable según Riemann.

[5] Con más precisión: si se sabe que la función de probabilidad puede integrarse de acuerdo con Riemann, se puede escoger siempre una división de sectores lo suficientemente pequeña como para que la desviación de la equiprobabilidad sea menor que una ε dada. Para averiguar si una división determinada satisface las condiciones

pondientes respecto de todos los demás juegos de azar. La aparición misteriosa de la equiprobabilidad en los juegos de azar se revela así como consecuencia de una asunción accesible al análisis epistemológico.

La existencia de funciones continuas de probabilidad se asume también en otros terrenos de la física, especialmente en la teoría de los errores. La equiprobabilidad de casos discretos en los juegos de azar se debe a las formas de los juegos, que están construidos de tal manera que conducen a la división de las funciones de probabilidad en intervalos iguales y alternos. Así, la equiprobabilidad no plantea ningún problema epistemológico especial. El problema se plantea debido a la existencia de funciones continuas de probabilidad.

El análisis de la teoría cinética de los gases se puede realizar desde el mismo punto de vista. «En este caso, también, la asunción de la existencia de una función continua de probabilidad desempeña un papel decisivo; la forma específica de esas funciones es de importancia secundaria. Por lo que se refiere a la teoría de los gases, la forma específica de la función de probabilidad se explica frecuentemente en relación con ciertas condiciones físicas, como las descritas por el teorema de Liouville, etc. Estas condiciones, como aquellas subyacentes en los juegos de azar, conducen desde una función continua de probabilidad a la equiprobabilidad. Sin embargo, ni en la teoría de los gases, ni en los juegos de azar, se puede presuponer equiprobabilidad *a priori*. Esto resulta evidente en las recientes elaboraciones de la teoría de los gases. Boltzman ha derivado la ley de distribución de velocidades de Maxwell de la equiprobabilidad de todas las permutaciones de las moléculas.

La teoría moderna del *quantum* ha demostrado que esta asunción no es correcta y debe ser sustituida por otra asunción que no distinga entre las diversas permutaciones de las partículas individuales. Se interpretaba erróneamente que esta asunción contradecía los principios *a priori* del cálculo de probabilidades. Sin embargo, el descubrimiento de los casos equiprobables no tiene nada que ver con el cálculo de probabilidades. Sólo la experiencia puede determinar si unos casos dados son equiprobables. La equiprobabilidad puede desprenderse de una estadística determinada, relativa al problema que se está considerando, o puede derivarse de ciertos hechos físicos en combinación con una hipótesis sobre ciertas funciones de probabilidad, como en la teoría de los

---

de equiprobabilidad dentro de los límites de exactitud $\pm \varepsilon$ es necesario conocer que la función de probabilidad no oscila demasiado. Constituye un hecho empírico que la función de probabilidad en el juego real de la ruleta no oscile demasiado y que esta propiedad desaparezca cuando la aguja gire de prisa.

juegos de azar. La determinación de la métrica de la probabilidad no es, en último término, un problema de justificación, sino de descubrimiento. La métrica de la probabilidad real es un hecho que tiene que ser descubierto, o que puede inferirse, al menos, de otros hechos.

La reducción de una métrica de probabilidad a funciones de probabilidad constituye un gran avance en el análisis epistemológico del problema de la probabilidad.

Aun cuando solía considerarse que las leyes de probabilidad representaban una clase especial de regularidad distinta de la regularidad causal de la Naturaleza, se puede demostrar, basándose en la teoría de las funciones de probabilidad, que esta distinción es sólo superficial y que las leyes de probabilidad y las leyes causales son variaciones lógicas de un único y mismo tipo de regularidad. Explicaremos este resultado brevemente. Para una exposición detallada debemos remitir a escritos nuestros anteriores [6].

La caracterización de las leyes causales de la Naturaleza como leyes estrictas se justifica sólo en ciertas esquematizaciones. Cuando se conocen todos los factores causales puede predecirse un efecto con seguridad. Tal idealización sería irrelevante para la ciencia sin la adición de asunciones posteriores. Es imposible conocer todos los factores causales; podemos seleccionar únicamente un número limitado de factores relevantes y utilizarlos para predecir acontecimientos futuros, pero debemos desechar factores de menor influencia. Se asume normalmente que la influencia de factores menos importantes es pequeña y que podemos predecir el futuro dentro de ciertos límites de exactitud. Esta formulación es inadecuada, sin embargo, y olvida un punto fundamental en la situación epistemológica. Realmente, sólo podemos sostener que es muy probable que los acontecimientos futuros se desarrollarán dentro de ciertos límites de exactitud. Por ejemplo, si calculamos la trayectoria de un proyectil no podemos estar seguros de si la influencia de temblores simultáneos en el interior de la Tierra y en la dirección del cañón será pequeña; de hecho, tales temblores ocurren. En el momento del disparo esta influencia puede tener la fuerza de un terremoto y producir así un resultado fuera de los límites de exactitud. Más aún: no se llega a ninguna solución, incluso si interpretamos las leyes de la Naturaleza como afirmaciones condicionales, porque sólo podemos mencionar un número limitado de factores relevantes en el antecedente, mientras que el resto de ellos permanece sin especificar. Por otra parte, si considerásemos que no existen influencias perturbadoras por enci-

[6] REICHENBACH, *op. cit.*, págs. 48 y sigs.

ma de una fuerza dada, la condicional resultante sería cierta, pero desprovista de su carácter fáctico. La afirmación vendría a decir la trivialidad lógica de que un acontecimiento futuro ocurriría dentro de ciertos límites de exactitud, si no ocurría fuera de ellos. Este dilema no ofrece salida: o la afirmación es absolutamente cierta, en cuyo caso es lógicamente verdadera (esto es, analítica) y no dice nada sobre la realidad, o es una afirmación descriptiva, de contenido fáctico (esto es, sintética), en cuyo caso sólo puede sostenerse con probabilidad.

El mantenimiento de las leyes causales se garantiza únicamente si se admiten las leyes de probabilidad. La hipótesis de que los acontecimientos están relacionados causalmente debe complementarse con una hipótesis sobre los efectos probables de los factores no tenidos en cuenta. Solamente la combinación de estas dos hipótesis nos permite efectuar afirmaciones sobre la realidad. He llamado a estas dos hipótesis principio de conexión (causalidad) y principio de distribución (probabilidad). Solamente la combinación de estos dos principios justifica las asunciones de la ciencia.

La aplicación del principio de distribución es muy visible en la teoría de los errores, donde la aplicación de las funciones de probabilidad es bien conocida. La importancia fundamental de esta aplicación no fue reconocida, porque se pensaba que la teoría de los errores constituía un medio de asegurar la exactitud. Pero la forma de una ley de errores tal como la de Gauss debería hacer evidente que la pequeñez del error tan sólo puede asumirse con gran probabilidad, y que no pueden excluirse nunca con certeza desviaciones arbitrariamente grandes. La teoría de los errores demuestra claramente el complemento de las leyes causales mediante las afirmaciones de probabilidad, pero este complemento es necesario incluso cuando no se trata de límites de exactitud tan estrechos, ya que la probabilidad más elevada no equivale a la certeza. La afirmación de que una calle tiene de 1 a 100 yardas de largo debe ser considerada, en consecuencia, como una afirmación de probabilidad de la misma clase que la del geómetra que afirma que la longitud de la calle oscila entre 74,346 y 74,348 yardas. El hecho de que la probabilidad de la primera afirmación sea mucho mayor que la de la segunda constituye una diferencia de grado, no de principio.

Este último punto demuestra, una vez más, la importancia de reducir la equiprobabilidad en los juegos de azar a funciones continuas de probabilidad. Cuando consideramos que el rojo y el negro son equiprobables en la ruleta nuestra asunción sobre el mundo físico no difiere en su clase de la hecha por los geómetras o físicos cuando miden magnitudes físicas. Asumimos que, como resultado de giros repetidos, la

frecuencia de una magnitud física —el ángulo de rotación del indicador— está determinada por una función de probabilidad. El físico realiza asunciones similares cuando predice la trayectoria de un proyectil y compara su predicción con los resultados observables. Así queda resuelto el enigma de los casos equiprobables. La asunción de la equiprobabilidad se sustituye por una asunción más general, que es complemento indispensable del principio de la causalidad.

Desde este punto de vista debemos revisar nuestra concepción sobre la naturaleza de las leyes físicas, abandonando la vieja idea de que, mientras los acontecimientos están determinados estrictamente, la mente limitada del hombre tiene sólo un conocimiento aproximado de ellos. La concepción antigua alegaba, en efecto, que existe un límite, aun cuando no podamos encontrarlo, ya que constituimos siempre parte de la secuencia de acontecimientos que convergen hacia un límite. Pero, de hecho, el único fenómeno empírico es la secuencia misma, y las afirmaciones sobre su límite sólo son admisibles en cuanto se puedan transformar en afirmaciones sobre la convergencia de esa secuencia hacia un límite. Este principio positivista debe mantenerse frente a todas las filosofías idealistas, ya que constituye la base de la precisión y sentido característicos de la ciencia moderna en contraste con la especulación metafísica. Por tanto, debemos sustituir la formulación tradicional del determinismo por la siguiente formulación más modesta: existe una descripción de la Naturaleza que nos permite predecir el futuro con probabilidad y nos es posible aproximar esta probabilidad a 1 tanto como queramos, mediante una consideración más precisa de los parámetros relevantes. Esta afirmación dice considerablemente menos que la aseveración del determinismo. Por mucho que la probabilidad se aproxime a 1 nunca podemos hablar de acontecimientos estrictamente determinados, y no tiene sentido, por consiguiente, utilizar el lenguaje del determinismo al hablar del límite en sí. Tales afirmaciones resultan vacías necesariamente.

Al mismo tiempo, la formulación revisada del determinismo conduce a una generalización del concepto de causalidad que parece coincidir con el concepto de causalidad que prevalece en la física moderna. No es necesario asumir que la probabilidad pueda aproximarse a 1 tanto como queramos. Es posible que pueda haber un límite inferior. Incluso este límite inferior puede ser inalcanzable en la práctica; entonces resultaría que por cada nivel de exactitud que se obtenga existe un nivel más exacto. La posibilidad de un límite menor que 1 fue

sugerida por el autor en 1925 [7] y ha sido sustanciada, entretanto, la mecánica cuántica. El principio de indeterminación de Heisenberg debe ser considerado como una de estas generalizaciones del concepto de causalidad. Quisiera hacer algunas observaciones.

Se dice corrientemente que la importancia de las consideraciones de Heisenberg consiste en el hecho de que ya no pueden menospreciarse las perturbaciones causadas en el objeto por los medios de observación. No pienso que esta formulación sea muy afortunada. Por otra parte, esta perturbación no es exclusiva de la física cuántica; incluso en la física macroscópica hace tiempo que uno se ha acostumbrado al hecho de que los medios de observación originen ciertos cambios en el objeto observado, que no pueden menospreciarse. Por otra parte, la física macroscópica ha encontrado métodos para soslayar esta dificultad: las perturbaciones originadas por los medios de observación se incluyen en una teoría dada y todas las inferencias se realizan teniendo en cuenta la perturbación de los fenómenos. El físico acostumbra a tomar en cuenta la influencia del termómetro al medir la temperatura de una solución para calcular su calor específico. A pesar de esta influencia, o mejor, porque la conoce, puede determinar el calor específico. Sería erróneo argüir que en la física macroscópica se pueden eliminar en principio las perturbaciones observacionales. En primer lugar, esto no es verdad, y, en segundo, no es necesario. Existen métodos teóricos que nos permiten extraer conclusiones relativas al mundo físico a partir de fenómenos perturbados, utilizando una teoría de los instrumentos de observación. Esto quiere decir, aplicado a la mecánica cuántica, que, si un electrón resulta desviado a consecuencia del medio de observación, esto es, por un rayo de luz, este hecho no hace imposible la observación, en principio, sino que debe incorporarse simplemente la influencia del rayo de luz a la teoría y tenerse en cuenta en cualquier conclusión basada sobre tales observaciones. La demarcación estricta entre los objetos y los medios de observación constituye una idealización aplicable a determinados fenómenos macroscópicos, pero no puede considerarse como un presupuesto necesario de las ciencias exactas.

La importancia del Principio de Indeterminación de Heisenberg me parece que radica en un aspecto distinto. El punto capital no es que el acontecimiento observado se componga de objeto y medios de observación, sino que sea imposible determinar el estado objetivo de los hechos

---

[7] H. REICHENBACH, "Die Kausalstruktur der Welt und der Unterschied von Vergangenheit und Zukunft", *Ber. d. Bayer. Akad. d. Wissensch,* mat-nat. Abt. 1925, páginas 133-175.

(que puede incluir los así llamados medios de observación) únicamente sobre la base de los fenómenos observados. Según Heisenberg, podemos determinar la posición o velocidad de un electrón con tanta precisión como queramos, pero no podemos determinar ambos parámetros al mismo tiempo con la precisión deseada. Un aumento en la probabilidad de un parámetro va siempre acompañado de una disminución en la probabilidad del otro, de forma que no aumenta el producto de las dos probabilidades. Tenemos aquí una analogía exacta de nuestra generalización del principio de causalidad. La probabilidad de una descripción comprensiva de un estado fáctico objetivo no converge hacia 1 conforme aumenta la exactitud de la observación, sino hacia un límite más bajo.

Estas observaciones deben ser consideradas en un sentido más o menos provisional. De momento, no poseemos un análisis epistemológico exacto de la física cuántica sobre el que basar una formulación definitiva. Por otra parte, podemos ya concluir, de lo que acabamos de exponer, que no se debe considerar la situación presente como una crisis epistemológica. La sustitución de las leyes de causalidad por leyes de probabilidad se ha considerado como un fracaso del método científico. De hecho, el problema ha adquirido tonalidades morales. El físico se ha visto obligado a buscar métodos más precisos, aunque de momento no se disponga de ninguno. Esta interpretación parece derivar de un menosprecio del carácter fundamentalmente probabilista de la ciencia. El concepto de probabilidad es tan indispensable para la fundamentación de la ciencia, incluida la física clásica, que debe dársele la misma consideración epistemológica que al concepto de causalidad. Lo que estamos experimentando hoy es meramente el reconocimiento explícito de este hecho epistemológico. Desgraciadamente, las interpretaciones erróneas del concepto de probabilidad han obstruido el reconocimiento de su importancia fundamental. Incluso la física clásica, si no quiere desvanecerse en especulación metafísica, sólo puede mantener el determinismo causal estricto en cuanto afirmación de que la probabilidad de la predicción puede aproximarse a 1 tanto como queramos. Si se acepta esta idea, parece viable una generalización que diga que el límite de la secuencia convergente es inferior a 1. Si la física se viese obligada a aceptar estar afirmación, ello no sería debido a deficiencia alguna en sus métodos de observación, sino a una propiedad objetiva del mundo físico. Nada constituiría un mayor error como el reprochar a la física este resultado. Por el contrario, se deben celebrar, como logros del más alto orden, el descubrimiento de esta característica fundamental del microcosmos y el desarrollo de métodos conceptuales adaptados a esta propiedad de la Naturaleza.

Volvemos ahora a la última pregunta epistemológica: ¿Cómo sabemos que las leyes de probabilidad son válidas? ¿Qué justificación tenemos para determinar leyes de probabilidad? Me gustaría plantear esta cuestión en su forma más general. Va más allá del problema de justificar la elección de una métrica de la probabilidad determinada. Como he explicado antes, este problema no ofrece dificultades epistemológicas especiales, ya que podemos justificar una métrica de la probabilidad en términos de funciones de probabilidad, cuya forma específica es simplemente un hecho empírico. Nuestra presente investigación se refiere a la pregunta general: ¿Cómo sabemos que las funciones de probabilidad determinan los acontecimientos? ¿Qué justificación tenemos para creer en la regularidad de acontecimientos repetidos, postulada en la teoría de los errores, en los juegos de azar, en la teoría cinética de los gases..., etc.? Estas preguntas hacen relación al problema de la inducción, que se encuentra en la base de la teoría de la probabilidad. ¿Cómo podemos inferir que la frecuencia relativa observada en una secuencia de acontecimientos se mantendrá en una continuación futura de la secuencia?

La discusión histórica del problema de la inducción ha revelado claramente que la inferencia inductiva no es necesaria lógicamente. Constituye el mérito de Hume haber reconocido este hecho y, desde entonces, no se ha añadido nada esencial a su descubrimiento. Hume ha demostrado también que es imposible justificar la inducción mediante la experiencia, porque tal inferencia presupone una inducción de más alto grado. Este hecho epistemológico no puede negarse y las teorías filosóficas que no lo aceptan no pueden ser consideradas seriamente. Por esta razón, nos ocuparemos sólo de dos tratamientos filosóficos del problema de la inducción, que han sido desarrollados como respuesta a la crítica de Hume.

La primera de estas teorías es el intento convencionalista de resolver el problema de la inducción. Según esta concepción, el principio de la inducción no representa una afirmación sobre el mundo físico, sino que constituye simplemente un principio ordenador de la ciencia. Por tanto, las teorías científicas tienen que construirse interpretando los datos observables de acuerdo con el principio de la inducción. Si se observan excepciones a este principio se debe declarar falsa la teoría que se está considerando y hay que complementarla mediante asunciones adicionales que se ajusten al principio. Es correcto, ciertamente, decir que este procedimiento flexible se utiliza para construir teorías. Sin embargo, no pienso que sea posible basar una justificación de la inducción sobre esta práctica. Las siguientes consideraciones ayudarán

a aclarar esta objeción. Un estado observable dado comprende un número limitado de datos observables y puede ser posible interpretar los datos por medio de teorías, de tal forma que la frecuencia relativa observada dentro de una secuencia finita satisfaga el principio de inducción. Sin embargo, es posible justificar de este modo la creencia de que datos observables adicionales conservarán esa frecuencia. Un sencillo ejemplo ilustrará esta consideración. Cuando un físico ha fijado un número de puntos observados en un sistema de coordenadas, puede trazar siempre la curva más sencilla que relacione aproximadamente a éstos presentando el menor número posible de oscilaciones. Pero ¿por qué traza el físico la curva más sencilla a través de los puntos? Podría, de igual modo, trazar una curva diferente que oscilase varias veces entre dos puntos vecinos. Una curva así correspondería a una complicada hipótesis física, que nunca es compatible con las observaciones dadas. El físico tiene una buena razón para preferir la curva más sencilla. Cree que la curva más sencilla es la que se aproxima a los resultados de mediciones futuras. Si esto es correcto no puede sostenerse entonces la solución convencionalista. Desde el punto de vista del convencionalismo se podría escoger igualmente una curva a través de los puntos medidos que oscilase siempre dos veces entre dos puntos cualesquiera. Si la curva resultante no se confirmase mediante mediciones posteriores se podría sustituir, en lo que se refiere al mayor número de datos observables, por otra curva que relacionase los puntos adicionales observados de una manera similar. Desde la posición convencionalista la preferencia por la curva más sencilla es irrazonable. Existe una razón concreta que mueve al físico a elegir la curva más sencilla: cree que sólo la curva más sencilla le permitirá hacer predicciones. Esta creencia no puede justificarse sobre la base del convencionalismo.

La segunda teoría que discutiremos trata de justificar la inducción como una regla práctica. Según esta teoría, la justificación del principio de inducción no representa un problema epistemológico, ya que el citado principio no tiene nada que ver con el contenido de la ciencia. Se alega que no es tarea de la ciencia la de hacer predicciones. La labor de la ciencia se supone que es la de ordenar los datos observables dados y no la de averiguar si se pueden basar predicciones del futuro en ese orden. El problema de justificar las predicciones es un problema práctico. Sólo cuando hayamos cesado de teorizar y tratemos de influir en el mundo activamente, ya sea efectuando experimentos, ya por medio de la tecnología, o bien llevando a cabo las simples tareas de la vida cotidiana, encuentra la inducción su lugar adecuado. Por tanto, la creen-

cia en el principio de inducción no constituye un problema científico, sino ético.

En mi opinión, este intento de resolver el problema es también insostenible. Considerar el principio de inducción como extracientífico significa hacer incomprensible la preferencia de la ciencia por aquel orden que de hecho utiliza. Podemos ilustrar este punto mediante nuestro ejemplo anterior. Resultaría imposible comprender por qué la ciencia utiliza la curva más sencilla para relacionar los puntos medidos, en lugar de otra más complicada, si la inducción fuera un principio extracientífico. Semejante criterio privaría de su mismo objeto al procedimiento científico ordenador. La finalidad de la ciencia consiste en formular definiciones que se apliquen al mundo físico, pero esta finalidad sólo puede alcanzarse mediante el principio de inducción, ya que es únicamente este principio el que nos permite distinguir entre construcciones conceptuales arbitrarias y teorías empíricas. ¿Por qué se ha abandonado la teoría flogística de la combustión en favor de la teoría de la oxidación? No existe un solo hecho observable que no sea compatible igualmente con ambas teorías si se abandona el principio de inducción. Las asunciones teóricas de la teoría flogística son más complicadas, pero ello no refuta la teoría en sí. Aunque la observación de Lavoisier del aumento del peso de un cuerpo quemado se considera como el *experimentum crucis* para establecer la teoría de la oxidación, ya que un cuerpo quemado debería disminuir de peso si se estuviera escapando de él una hipotética sustancia calorífica, todavía puede reconciliarse el aumento de peso con la teoría flogística si se añaden ciertas asunciones. Por ejemplo, se podría asumir que existen determinados campos de fuerza hipotéticos que atraen al flogisto, y que es el impulso hacia arriba de esas fuerzas sobre un cuerpo que contiene flogisto el que origina la diferencia en peso entre un cuerpo quemado y otro no quemado. Los físicos pueden considerar muy improbables tales asunciones. Sin embargo, no pueden excluirlas sin el uso de la inducción.

Ahora podemos reconocer la posición central que el principio de inducción ocupa en la ciencia: nos permite decidir sobre la verdad de las teorías científicas. El eliminarlo de la ciencia equivaldría a prescindir de toda decisión sobre la verdad o falsedad de las teorías científicas. En este caso no existiría ya base alguna para distinguir entre las teorías científicas y las caprichosas creaciones del poeta.

Decimos que el principio de inducción nos proporciona el medio de determinar la verdad de las teorías científicas. Para ser más precisos deberíamos decir que nos sirve para decidir sobre su grado de probabilidad. Las alternativas en la ciencia no son la verdad y la falsedad. En

su lugar existe una escala continua de valores de probabilidad, cuyos límites inalcanzables son la verdad y la falsedad. Utilizaremos esta idea al exponer nuestra propia concepción del problema de la inducción.

Admitimos que las inferencias de probabilidad no pueden justificarse lógicamente. De hecho, hemos admitido mucho más anteriormente: las afirmaciones de probabilidad no tienen sentido incluso, a no ser que se presuponga el principio de inducción. Hemos visto que el principio de inducción desempeña un papel decisivo en la interpretación de las afirmaciones de probabilidad, ya que las predicciones de que frecuencias relativas observadas se mantendrán en el futuro presuponen el principio de inducción. La explicación del significado de las afirmaciones de probabilidad arroja una nueva luz sobre el problema de la justificación de la inducción. Las afirmaciones de probabilidad no tienen sentido dentro de una lógica bipartita, que requiere que cada afirmación sea verdadera o falsa. Existe una relación entre la exposición del problema de la justificación de Hume y nuestro análisis del problema de la interpretación. Resulta que no se puede justificar el establecimiento de las leyes de probabilidad si se considera la mencionada lógica bipartita como el único criterio para comprobar nuestro conocimiento de la realidad. Tanto el problema de la interpretación como el de la justificación permanecen insolubles si se presupone en la ciencia una lógica de sólo dos valores. Sin embargo, no inferimos de este hecho que sea imposible la justificación de las afirmaciones de probabilidad. Inferimos simplemente que la asunción de una lógica de sólo dos valores no servirá de ayuda. No es posible justificar el sistema de afirmaciones científicas simplemente sobre la base de la lógica deductiva y de algunos datos observables ocasionales. Esta es nuestra conclusión epistemológica.

Cuando nos preguntan por qué, en estas condiciones, continuamos creyendo en las leyes de probabilidad no tenemos sino una respuesta: no podemos evitar el creer en ellas. El requisito de que los últimos fundamentos de nuestro conocimiento del mundo físico hayan de estar justificados ha resultado ser insostenible. La labor de la epistemología es más bien la de *descubrir* los últimos fundamentos mediante el análisis. Si uno no se queda satisfecho con este descubrimiento y requiere que la teoría de la probabilidad se reduzca a la lógica está pidiendo demandas irrazonables que parecen derivar de una concepción equivocada del carácter epistemológico de la lógica. Tampoco pueden justificarse los fundamentos de la lógica. La alegación de que las leyes lógicas no necesitan probarse, porque están vacías, pasa por alto el hecho de que «vacío» no significa sino «relativo únicamente a las leyes de la lógica»

y dicha justificación constituiría un círculo vicioso. No existe otra justificación para nuestra creencia en la lógica sino simplemente el hecho de que no podemos pensar de una manera distinta. Consideraciones análogas se aplican a la probabilidad: no podemos sino creer en dichas leyes.

Estas observaciones están estrechamente relacionadas con nuestra discusión anterior sobre la interpretación de la probabilidad. Encontramos que una afirmación de probabilidad sólo tiene sentido si rige el principio de inducción. Por tanto, carece de sentido sostener que no son válidas las leyes de probabilidad, a no ser que rija el principio de inducción. Este importante hecho deriva de nuestro análisis del problema de la interpretación. Decir que las leyes de probabilidad no rigen equivale a predecir que la frecuencia relativa observada de las secuencias de acontecimientos no se mantendrá en el futuro; que la regularidad que implica el principio de inducción no tiene lugar y esta afirmación sólo tiene sentido empíricamente si se puede determinar de modo inductivo, esto es, si rige el principio de inducción. La afirmación de que las leyes de probabilidad no rigen es contradictoria en sí misma y carece de sentido. No pretendemos haber justificado las leyes de probabilidad mediante este argumento. Este argumento no constituye una justificación de la probabilidad, del mismo modo que la demostración de que la violación de las leyes de la lógica conduce a una contradicción no representa una justificación de la lógica. No representa una justificación, porque la existencia de una contradicción sólo puede considerarse como una prueba de inconsistencia si hemos asumido anteriormente que las leyes de la lógica son válidas. No existe ninguna justificación de la lógica. Unicamente podemos decir que no es posible recusar sus fundamentos. Consideraciones similares se aplican a las leyes de probabilidad: no podemos justificarlas, pero no podemos imaginar que no rijan.

Nuestra respuesta al problema de la justificación no es, en consecuencia, una respuesta a la pregunta de Hume. El intento de proporcionar una prueba lógica de las afirmaciones de probabilidad es algo tan imposible como la cuadratura del círculo. Lo mismo que la falta de resolución de este problema no socavó las matemáticas, así el fracaso en cuanto a la justificación de la inducción no perjudica a la probabilidad. El problema de la cuadratura del círculo se eliminó basándose en que su formulación era inadmisible y el problema de Hume puede resolverse sobre la base de que es irrazonable la pretensión de una justificación de las afirmaciones de probabilidad en términos de lógica deductiva. En lugar de preocuparnos por el seudoproblema de justificar

la inducción analizaremos los métodos de la ciencia. Dicho análisis demuestra que el concepto de probabilidad es un componente indispensable de todas las afirmaciones empíricas. Podemos construir una lógica de la probabilidad que proporcione la estructura conceptual de todo el conocimiento empírico, pero aunque podamos analizar esta estructura no somos capaces de justificarla. Tenemos derecho a confiar en la significación del concepto de probabilidad en la misma medida en que creamos que las afirmaciones sobre el mundo físico están provistas de sentido.

Fines y métodos de la filosofía de la Naturaleza moderna[1]

[Este ensayo se publicó originariamente como un folleto suelto. Constituye una revisión no muy especializada de los problemas epistemológicos más importantes de las diversas ciencias y de sus soluciones mediante los métodos modernos de la filosofía científica.]

1

El término «filosofía de la Naturaleza» ha adquirido recientemente un nuevo significado. Está cobrando forma una nueva filosofía científica, surgida a consecuencia de los resultados de la investigación científica y ajustada a esquemas rigurosos. Esta filosofía ha ofrecido soluciones insospechadas a un número de problemas antiguos y ha planteado diversos temas nuevos, cuya existencia había sido pasada por alto en épocas anteriores. El objeto de la presente investigación es el de estudiar la condición de esta nueva filosofía de la Naturaleza.

Lo nuevo en esta filosofía es el método más bien que el objeto. Su finalidad es la de resolver ciertas cuestiones epistemológicas fundamentales, algunas de las cuales han desempeñado un papel en la filosofía anterior, mientras que otras han sido descubiertas sólo en nuestra época. Sin embargo, su método es fundamentalmente diferente del de la filosofía tradicional. La filosofía nueva se niega a tratar de resolver estas cuestiones epistemológicas por medio de la especulación abstracta, la contemplación pura o el análisis mediante la razón, a que acudieron la mayoría de los filósofos anteriores. La filosofía nueva está convencida de que sólo puede resolver sus problemas en relación íntima con

[1] Publicado originariamente en alemán como un folleto suelto bajo el título de *Ziele und Wege der heutigen Naturphilosophie*, Félix Meiner, Leipzig, 1931. Traducido y vuelto a imprimir por amable autorización del editor, Félix Meiner, Hamburgo.

la investigación científica y matemática. Ha elegido como método suyo el análisis del conocimiento científico actual en lugar del análisis mediante la razón.

Todo cambio tan radical como el abogado en este programa, ha de suscitar necesariamente la resistencia de escuelas filosóficas más antiguas. Quienes ven en la filosofía una especie de superciencia que crea sus propios conocimientos partiendo de la razón pura, intuición o similares fuentes pretenciosas de verdad; quienes, debido a su confianza en tal superciencia, desprecian los resultados «meramente parciales» de las ciencias especiales, harán suya la objeción que considera como un impedimento la asociación estrecha entre la filosofía y la ciencia. Aunque la ciencia moderna ha desautorizado muchas de las atrevidas conclusiones de la filosofía tradicional, ello no induce a los supercientíficos a revisar sus argumentos, sino sólo a volverse más intransigentes en lo que atañe a la adopción del método de analizar la ciencia. La defensa de las ideas tradicionales responde al propósito de menospreciar las conquistas de la ciencia. Se ha alegado que existe una diferencia fundamental entre la concepción del conocimiento en la ciencia y en la vida cotidiana, y que el punto de partida para la epistemología es la concepción del conocimiento según el sentido común. Se dice que el procedimiento de la ciencia es abstracto y demasiado alejado del proceso genuino del conocimiento para permitir al filósofo que construya una teoría del conocimiento mediante el análisis de las ciencias naturales. Se sostiene que, de esta manera, sólo se descubrirá la metodología de las ciencias naturales, pero no las categorías de la Naturaleza. El producto de tal forma de llevar la investigación será una «filosofía de las ciencias naturales» y no una «filosofía de la Naturaleza» [2]. La verdadera filosofía debe ser independiente de la ciencia.

Mencionamos esta objeción contra la nueva filosofía de la Naturaleza al comienzo de nuestra exposición porque constituye una concepción equivocada del método científico, característica de la tendencia de la filosofía académica presente. La incapacidad de los filósofos tradicionales para comprender el método científico en su moderna y tan complicada forma les ha llevado a distinguir entre la concepción del conocimiento en la ciencia y en la vida cotidiana. Desde luego, podemos hablar de un método de resolver los problemas según el sentido común, pero este método, una vez despojado de sus componentes emocionales y considerado únicamente en lo que respecta a su contenido cognoscitivo, no

[2] Véase, por ejemplo, HELMUT PLESSNER, *Naturwissenschaften* 18, 1930, pág. 869. Th. Haering *(Philosophie der Naturwissenschaft,* 1923) mantiene ideas similares.

difiere, en principio, del método de la ciencia natural. La diferencia es sólo de grado y los conceptos fundamentales utilizados son los mismos en ambos. Este hecho no es siempre tan evidente, ya que la estructura epistemológica de las complejas teorías científicas no es tan primaria como la del conocimiento según el sentido común.

De aquí que no podamos aceptar la distinción entre filosofía de las ciencias naturales y filosofía de la Naturaleza. Por el contrario, creemos que toda filosofía de la Naturaleza que se niegue a integrar los conceptos científicos junto con los conceptos de la vida cotidiana se priva a sí misma de la forma más razonable de obtener una percepción de los procedimientos de resolver problemas. Debido precisamente a la simplicidad de la concepción del conocimiento en la vida cotidiana, no se pueden ver claramente determinadas relaciones esenciales que resultan evidentes en los procesos científicos. Las conexiones entre percepción y concepción, observación e inferencia, sólo resultan claramente discernibles en conclusiones formuladas científicamente. A la inversa, únicamente el análisis del método científico nos permite comprender la clase de operaciones mentales empleadas para la solución de los problemas cotidianos. Apegarse a la filosofía natural sería renunciar ciegamente a las contribuciones del análisis lógico implícitas en las soluciones a muchos problemas físicos y matemáticos relevantes. Significaría renunciar a algo más importante todavía; significaría prescindir de los resultados de un proceso de transformación que el pensamiento humano ha experimentado desde el comienzo de la investigación científica. En contraste con la concepción del conocimiento según el sentido común, la concepción del conocimiento científico presenta la ventaja de haberse mantenido a la par del desarrollo que la ciencia natural ha experimentado desde sus comienzos, hace dos mil años. No es cierto que la estructura general del razonamiento teórico se dé de una vez y para siempre, y que el progreso de la ciencia consista simplemente en ir llenando poco a poco de contenido esa estructura. La razón no es un sistema de departamentos dispuestos de antemano en los cuales va depositando el científico más contenido cada vez. El sistema de departamentos en sí está sometido al cambio histórico y se ve transformado constantemente de manera que se ajuste de un modo progresivo a los hallazgos de la experiencia. El cambio en concepciones básicas, tales como el espacio y el tiempo, la causalidad, etc.; la aparición constante de cuestiones epistemológicas dentro de investigaciones puramente físicas o biológicas, demuestran la relación íntima entre el contenido y la forma en las ciencias naturales. Se negaría la madurez filosófica alcanzada en siglos de investigación científica si se separase el conocimiento de la Naturaleza de

la teoría de las ciencias naturales, relacionando ésta, en cambio, con niveles más primarios del conocimiento. Observando más detenidamente, advertimos que la concepción del conocimiento según el sentido común experimenta el mismo desarrollo aunque a un ritmo algo inferior. Hoy contamos con la idea de que los planetas giran alrededor del Sol entre uno de los hechos aceptados de la vida cotidiana, aunque los científicos realizaron este descubrimiento hace sólo unos pocos siglos y la observación inmediata nos muestra los cielos estrellados como una bóveda cuajada de lucecitas. La interpretación de estas lucecitas brillantes como masas enormes que poseen un orden tridimensional completamente distinto de la apariencia bidimensional con que se ofrecen al ojo humano debe considerarse como una abstracción científica. Sin embargo, esta interpretación nos es tan familiar que la hemos incorporado sin discusión a nuestra imagen del mundo según el sentido común. Lo que los filósofos de una concepción natural del mundo nos presentan como teoría del conocimiento no es sino el análisis de aquellos descubrimientos científicos que han sido asimilados ya por la persona educada de nuestro tiempo. Lo que nos proporciona una teoría del conocimiento semejante según el sentido común no es sino la concepción científica de hace algunos siglos. Así, se admite a Galileo y a Copérnico y se rechaza a Einstein y a Heisenberg. En estas condiciones preferiríamos una epistemología que tomase conscientemente su punto de partida en la ciencia natural de hoy y cuyas conclusiones filosóficas se comparasen cualitativamente con los resultados científicos de nuestros contemporáneos.

La convicción de que los conceptos filosóficos fundamentales son susceptibles de desarrollo constituye la base de la nueva filosofía de la Naturaleza. Aun cuando estemos de acuerdo con Kant y otros filósofos en que resulta esencial un análisis de las formas de alcanzar el conocimiento, diferimos en sostener que la respuesta adecuada a nuestro tiempo sólo nos la puede facilitar el análisis según el conocimiento científico y no según la razón pura. La introspección de la razón es estéril, ya que únicamente descubre etapas previas del desarrollo del pensamiento científico. La filosofía de la Naturaleza, por tanto, no se ocupa del análisis de las potencialidades del pensamiento, sino de sus resultados, sus cristalizaciones encarnadas en la elaboración de teorías científicas. Dondequiera que exista un pensamiento cristalizado en esta forma, encontraremos una diferenciación mucho mayor, un grado de adaptabilidad mucho mayor, que el revelado nunca por una crítica de la razón pura. La explicación psicológica de este hecho puede quedar abierta todavía a discusión; el hecho en sí es irrebatible. La capacidad de razonamiento del hombre ha alcanzado, en contacto estrecho con las ciencias natu-

rales, niveles de desarrollo teórico mucho más elevados de lo que los filósofos consideraban posible sobre la base de un análisis de la razón pura. Por tanto, no existen presupuestos generales del conocimiento, sino de hipótesis particulares. El hecho de que existan presupuestos para *cada* sistema científico condujo a los filósofos a la conclusión falaz de que existían presupuestos para *todos* ellos. La distinción entre «cada» y «todos» que tenemos que hacer en este caso nos es familiar por la lógica moderna. Aplicado a nuestro problema, nos lleva a la siguiente formulación: Para cada sistema científico existe un sistema de presupuestos correspondiente, pero, a la inversa, por cada sistema de presupuestos se puede construir un sistema de experiencias posibles que sería consistente con esos presupuestos. En la filosofía científica moderna la formulación anterior sustituye a la antigua idea de un sistema de categorías.

El intento de preservar el concepto de conocimiento *a priori* frente a tales conclusiones y de establecer leyes filosóficas «anteriores a toda ciencia» es una actitud miope, un fracaso. La filosofía académica manifiesta una concepción de la situación total absolutamente equivocada al aferrarse todavía a la idea de la *autonomía de la filosofía.* Una filosofía dedicada a formular leyes para todos los campos del conocimiento, con independencia de la investigación científica, acabará por entrar en conflicto con la ciencia. Lo que hay que reconocer hoy como base de la ciencia y de la epistemología es la *autonomía de los problemas.* Ha ocurrido siempre que mediante un análisis sin prejuicios de los problemas, llevado a cabo desde un punto de vista, ya sea filosófico, matemático o físico, se llega a las mismas conclusiones. Los problemas quebrantan la estructura opresora de cada sistema e imponen sus propias leyes, independientes de las ideas tradicionales. Ante el surgimiento de tal autonomía de problemas, la filosofía se verá afectada inevitablemente por el proceso de disolución, que es característico de la ciencia moderna y ha culminado en la diferenciación y especialización extremas de las diversas ramas de la ciencia. Algunos filósofos identifican este proceso con un declinar del conocimiento científico; piden una síntesis, la construcción de un sistema comprensivo, en cuanto exposición razonada de la filosofía. Para nosotros, sin embargo, esta tendencia hacia la especialización nos parece anunciar un proceso de recuperación de la filosofía. El proceso de diferenciación constituye un tránsito desde el método intuitivo al científico, desde la especulación aislada a la cooperación científica. La filosofía deja de ser una concepción fluctuante del mundo para convertirse en una ciencia progresiva. Estas conclusiones no excluyen la posibilidad de una síntesis sistemática de investi-

gaciones particulares. Dicha integración queda sólo aplazada. Una vez llevado a cabo suficientemente el análisis de problemas específicos resulta posible su integración en un sistema. Pero un sistema así tendrá un alcance y profundidad completamente distintos de aquellos que fueron construidos en una anticipación demasiado prematura de la unidad sistemática.

Debido a esta ruptura radical con el método filosófico del pasado —método que, incluso en el pasado siglo, originó cierto número de sistemas—, la filosofía de la Naturaleza renuncia a toda relación consciente con precedentes históricos. No se pretende incluso que el nombre «filosofía de la Naturaleza» despierte reminiscencias históricas, bien sean de Schelling, Haeckel o los antiguos jónicos. Anteriormente, este nombre se refería sólo al objeto, no al método de su tratamiento. La concepción de la filosofía de la Naturaleza mantenida por hombres como Schelling o Hegel es diametralmente opuesta a la nueva filosofía de la Naturaleza. Puede resultarle interesante al historiador buscar la expresión de ideas similares en sistemas previos; para la nueva filosofía de la Naturaleza esta cuestión es irrelevante. Con este procedimiento ahistórico no tratamos de expresar desprecio hacia los pensadores anteriores. Por el contrario, quienes trabajan productivamente en el campo de la filosofía tienen en la más alta estima a los filósofos del pasado. Sin embargo, no buscamos nuestros problemas en el pasado, sino en el presente vivo. La situación ha cambiado tanto, comparada con la de épocas anteriores, que los antiguos no pueden ser ya de interés para nosotros. Desde luego, podemos leer toda clase de ideas en los antiguos filósofos; estos hombres conocían ciertamente más de lo que sus sucesores han reconocido. Pero, cuando hoy descubrimos ciertas ideas en ellos, somos capaces de hacerlo así únicamente porque hemos redescubierto esos mismos conocimientos a nuestra propia manera. Mencionemos un ejemplo. Sabemos hoy que Leibnitz había formulado una teoría causal del espacio y el tiempo. En nuestro siglo esta teoría se ha derivado de la elaboración filosófica de la teoría de la relatividad. Aun cuando se conocían los escritos relevantes de Leibnitz, sólo pudo advertirse su importancia y contenido teórico al desarrollarse independientemente la teoría causal sobre la base de la teoría de la relatividad[8]. Hoy podemos volver la vista atrás y admirar la profunda intuición de Leibnitz, pero ni incluso de este genio podemos ya aprender algo, aunque de todos los filósofos antiguos fue probablemente quien estuvo más cerca

[8] Véase HANS REICHENBACH, *La teoría del movimiento según Newton, Leibnitz y Huyghens*, incluida en este volumen.

de mantener una concepción moderna de la filosofía de la Naturaleza. Que aquellos para quienes «la historia de la filosofía es filosofía en sí», como dice Kant, dediquen su tiempo a estudiar los escritos de los grandes filósofos del pasado. Nosotros quisiéramos mejor emular a estos grandes hombres en otro aspecto. Todos ellos fueron pensadores ahistóricos y no se preocuparon de las opiniones de sus predecesores. Los frutos que ellos han producido han tenido sus efectos, se han convertido en parte de la tradición y, ciertamente, han influido de un modo indirecto en el presente, en su manera de pensar. Pero nuestra labor moderna sólo puede llevarse a cabo sin consideración a la tradición, en contacto directo con los problemas que los descubrimientos científicos plantean al filósofo. Constituirá una prerrogativa de los tiempos venideros el decidir si, a pesar de esta actitud, existe una continuidad histórica inconsciente. Esta cuestión recibirá probablemente una contestación afirmativa. Sin embargo, el concentrar la atención sobre tal continuidad no es tarea de quienes deben crear primero la nueva filosofía de la Naturaleza. Para los creadores importan las conexiones lógicas. Las conexiones históricas se establecerán en el curso de los hechos.

Estas observaciones generales introductorias se han concebido para caracterizar de una manera aproximada la posición cultural de la filosofía moderna de la Naturaleza. Seguidamente, indicaremos los problemas con los que se enfrenta dicha filosofía. Continuaremos después tratando los problemas en relación con las ciencias especiales de que han surgido.

2

Comenzaremos por los problemas biológicos y psicológicos. El antiguo problema filosófico de la vida continúa siendo el centro de interés. Este problema encontró su elucidación más decisiva en la teoría de la evolución de Darwin. Aunque esta teoría se ha convertido en propiedad común aceptada por los biólogos y, más o menos, se da por sentada, el filósofo debería recordar los efectos de gran alcance que el descubrimiento de Darwin ha tenido en el problema de la vida. La teoría de la evolución ha reducido el problema de la vida a un solo problema. Toda vida es uniforme, porque ha evolucionado en un proceso continuo desde las formas más bajas. No existe un problema independiente de la vida para la planta, el animal o el hombre. Existe únicamente un problema: el problema de la vida en sí. Esta simple consecuencia de la teoría de la evolución de Darwin puede ser considerada al mismo tiempo como ejemplo del modo en que los resultados científicos pueden

influir en la formulación de problemas filosóficos. Recordemos que la filosofía medieval asignó al hombre una posición única entre todos los seres vivientes y que todavía Descartes hace la distinción entre el hombre, que posee alma, y el animal, que es una máquina. A pesar de que la doctrina de Darwin ha encontrado alguna crítica justificable entre los biólogos, y que algunos de sus defectos no pueden ya ser denegados, no podemos olvidar el formidable descubrimiento que se expresa sencillamente en el hecho indudable de la descendencia y cómo esto ha influido en el problema filosófico de la vida.

Los defectos de la teoría de Darwin se relacionan con aquella parte de la misma que trata de explicar el «cómo» de la evolución: su teoría de la supervivencia. La supervivencia a través de la lucha por la vida, aunque siempre operante como factor regulador, no es suficiente para explicar las complicadas y a menudo inútiles formas de organismos. Los famosos ejemplos de Darwin, tales como la imitación mímica y otros, tuvieron que ser abandonados. Sin embargo, nos parece que esta crítica, por importante que pueda ser desde un punto de vista biológico, no afecta a la idea filosófica fundamental expresada en el principio de la selección de Darwin. Filosóficamente hablando, la doctrina de Darwin de la lucha por la existencia constituye el intento de explicar el desarrollo de los organismos causalmente, en lugar de teleológicamente. La preparación de las formas posteriores no se considera ya como el objetivo del desarrollo precedente, sino como el resultado de una combinación de factores puramente causales con una selección estadística. La forma específica que dio Darwin a este principio filosófico, formulándolo exclusivamente en términos de lucha por la vida, puede considerarse hoy inadecuada, pero, no obstante, parece posible retener la idea filosófica fundamental, si bien corrigiendo su contenido biológico. Un gran número de las teorías biológicas aceptadas puede hacerse compatible con este punto de vista. Constituye el principio rector de la biología científica explicar las regularidades de la evolución orgánica mediante factores causales y rechazar la idea de que estas regularidades puedan ser explicadas en términos de un futuro anticipado. En este sentido, constituye un descubrimiento importante el de que el concepto de preparación había sido definido con demasiada estrechez para ser adecuado a la biología. La evolución orgánica no sólo produce, además de las formas útiles, un número de formas altamente inútiles, sino que, en cada nivel evolucionista, tenemos que hablar de la mayor utilidad relativa que alcanza su representante más preparado, y, comparada con la cual, las llamadas formas superiores constituyen una regresión. La preparación se convierte en un concepto relativo y no puede ya de-

terminar la dirección de la evolución. Parece más bien como si existiera en el mundo orgánico una tendencia inherente hacia la diferenciación, hacia la producción de formas cada vez más complicadas, y es necesario analizar la estructura de estas formas antes de que pueda comprenderse la evolución orgánica.

En décadas recientes se ha llamado mucho la atención sobre la idea del vitalismo y Driesch creyó que podría demostrar, mediante experimentos biológicos, la imposibilidad de una explicación causal de la vida. Estos experimentos revistieron gran importancia para la investigación biológica. Cuando Driesch mostró que de la mitad de un huevo de un erizo de mar surge un erizo de mar completo refutó la estrecha doctrina mecanicista de la preformación de todos los órganos futuros en partes localizadas del huevo. Podemos entender todavía la admiración y sorpresa que provocó este descubrimiento trascendental hace treinta o cuarenta años. Sin embargo, estas investigaciones no tuvieron la importancia que su autor les asignó respecto de la interpretación filosófica del problema de la vida. Si Driesch creyó que había descubierto la naturaleza específica de la vida orgánica sobreestimó la estructura en desarrollo que había encontrado. Sobre todo, debemos rechazar por insostenible la interpretación metafísica que Driesch dio a sus experimentos, al introducir los conceptos de entelequia. La «entelequia» no significa sino una entidad imaginaria, que se supone explica la tendencia finalista de la evolución orgánica. En vez de postular una determinación de los acontecimientos por el futuro Driesch postula su determinación por una entidad metafísica cuya función entera se agota en anticipar el futuro y guiar al organismo hacia su objetivo futuro. Pero ésta es tan sólo una explicación teleológica disfrazada. La investigación biológica posterior ha mostrado que la inferencia de los experimentos de Driesch está injustificada. Ha resultado que el desarrollo del erizo de mar a partir de medio embrión no está en modo alguno determinado por su objetivo futuro. Está determinada exclusivamente por factores causales, aunque esta determinación causal es más complicada de lo que los mecanicistas habían asumido. Hemos aprendido que el futuro de una simple célula dentro del huevo no está determinado por esta célula sola, sino también por las circunstancias ambientales biológicas de esta célula y su localización dentro del huevo en cuanto un todo. Por consiguiente, la misma célula del huevo de un erizo de mar producirá algo distinto si se halla enclavada en un huevo entero que si lo está en la mitad aislada de un huevo. El biólogo puede hoy predecir exactamente bajo qué condiciones medio huevo producirá medio animal y bajo cuáles un animal entero. Nos encontramos simple-

mente ante una forma más compleja de relaciones causales. Un acontecimiento en una parte de un área no es sólo función de aquella parte, sino también de la estructura total del área —ésta es la conclusión biológica que queda de las teorías vitalistas—. Estas relaciones no son nuevas para el físico. Hace tiempo que él conoce que las relaciones en términos de una totalidad pueden ocurrir en procesos estacionarios o casi estacionarios. Incidentalmente, este hecho demuestra que las formulaciones de Driesch no establecían una diferenciación entre los sucesos biológicos y físicos.

Si se nos preguntase si con nuestro rechazo del vitalismo queremos afirmar que debe entenderse la evolución orgánica sobre la base de las leyes físicas, responderíamos que la pregunta es demasiado vaga para responderla con precisión. ¿Qué sentido tiene decir que los procesos vivos están determinados por leyes físicas? El físico sería el último en afirmar que las leyes físicas conocidas son suficientes para el entendimiento de los procesos vivos, ya que el descubrimiento de un campo científico nuevo ha requerido siempre la formulación de leyes físicas nuevas —véase lo sucedido con la radiactividad—. Hasta el presente, la física no ha estudiado los fenómenos de la vida, y sería bastante curioso que las leyes físicas conocidas contuviesen algo que fuera necesario para el entendimiento de la vida. Podríamos volver a formular el problema diciendo que las leyes que gobiernan la conducta orgánica deberían ser del mismo tipo, por lo menos, que las leyes físicas. Pero, ¿de qué tipo son las leyes físicas? De hecho, y volveremos a este tema, las leyes físicas han cambiado de naturaleza. Obsérvese el tránsito de las leyes causales a las leyes de probabilidad. No existe razón por la cual el análisis de la conducta orgánica no pueda conducir a una transformación similar en el tipo de sus leyes. Quizá podamos considerar la idea de una determinación de todos los acontecimientos por el presente respectivo (o el pasado inmediato, esto es, mediante una derivación del tiempo en los parámetros) como el criterio general de las leyes físicas. Entonces, la situación actual de la biología, tal como la describimos, favorecería la idea de que las leyes biológicas son también de este tipo. Desde luego, no se pueden efectuar predicciones a este respecto. No queremos sugerir ciertamente que deseemos excluir *a priori* una determinación de los acontecimientos por el futuro. Queremos decir simplemente que la determinación de los acontecimientos mediante leyes de tipo causal nos parece una de las propiedades de la Naturaleza que ha sido confirmada en gran medida. Deberíamos abandonar la teoría causal basándonos sólo en razones muy perentorias, ya que el hacer esto implicaría abandonar algunas de las partes básicas

de nuestra concepción del mundo físico, especialmente aquellas que se refieren al concepto del tiempo (véase la sección siguiente).

Relacionados íntimamente con los problemas biológicos se encuentran los problemas filosóficos de la psicología, esto es, las cuestiones relativas a la naturaleza de la consciencia, fenómeno que aparece bastante tarde en el proceso evolutivo. Una investigación reciente subsume los acontecimientos psicológicos bajo el concepto de forma. El concepto de forma se refiere a una configuración organizada de experiencias como la que representa, por ejemplo, una melodía, que se nos ofrece a través de una secuencia de tonos, pero que no se identifica con esa secuencia (como puede verse en el hecho de que sea posible ejecutarla en otra clave). Los psicólogos rechazan el principio de la superposición a este respecto. Si se conocen las leyes que rigen un proceso psicológico no se conoce necesariamente el proceso entero. La totalidad del proceso no está determinada meramente por la superposición de los procesos elementales (como, por ejemplo, una onda de sonido complicado se determina, según Fourier, por la superposición de sus armónicos). Tienen lugar efectos especiales que están determinados por la configuración de las partes. La elaboración de tales ideas en psicología es de gran interés para el filósofo de la Naturaleza, quien advierte la similitud de estas ideas con conceptos que han sido usados durante bastante tiempo en la física y matemática, donde han sido objeto de un análisis preciso. Así, el físico sabe que las desviaciones del principio de superposición aparecen en relación con la superposición de procesos independientes.

El matemático utiliza conceptos formales, tales como el concepto de forma topológica, que se definen como invariables respecto de las transformaciones. El concepto de estructura, utilizado por la lógica moderna, pertenece también a esta categoría. El desarrollo de la psicología ha conducido a una generalización del concepto de ley; tendencia similar a la que ha sido visible durante algún tiempo en las matemáticas y la física[4].

Esta comparación origina algunas cuestiones filosóficas que no han sido contestadas todavía por los fisiólogos. El físico sabe que la aparición de propiedades holísticas está restringida a los procesos estacionarios; que la estructura total de tales procesos puede explicarse en términos de acción por contacto, y que para una explicación de este tipo es suficiente considerar el ambiente inmediato, que, en sí, no posee propiedades holísticas. Por ejemplo, las ecuaciones diferenciales de

---

[4] Esta idea ha sido resaltada por uno de los principales representantes de la teoría formalista, W. KÖHLER, en su libro *Die physischen Gestalten*, Benarés, 1920.

Maxwell nos proporcionan una descripción de la manera en que un conductor distante hace que el potencial de un punto determinado en un campo electrostático varíe mediante una extensión del campo, y esta descripción no hace referencia a ninguna propiedad holística. Es interesante especular sobre si los procesos fisiológicos formales en el sentido de «Gestalt» no podrían reducirse a una teoría de acción por contacto que fuera independiente del concepto de «Gestalt». Debemos dejar la solución de este problema a la investigación psicológica. Mencionemos brevemente otro problema, el problema del individuo, que ha desempeñado siempre un papel importante en la filosofía. El interés sobre este problema ha sido estimulado recientemente por diversas conclusiones de la investigación biológica y psicológica. Podemos citar las sorprendentes conclusiones de las investigaciones psiquiátricas, la distinción trazada entre lo consciente y lo inconsciente, o el diagnóstico de una personalidad fragmentada. Más aún: el problema del individuo ha sido abordado partiendo de nuevos puntos de vista, biológicamente hablando. Se han unido dos salamandras mediante una operación, de tal modo que dos individuos resultasen uno, con un sistema circulatorio común e incluso un sistema nervioso común [5]. Imagínese lo que representaría si un experimento semejante tuviera éxito en animales más desarrollados. Contrariamente al pronunciamiento filosófico de que las mónadas no tienen comunicación con el exterior, habría casos en que dos mónadas se hallarían totalmente unidas, con una sola vida interna, y existirían también todas las etapas intermedias en las que hubiese una unión parcial, de modo que tendríamos que hablar de una gama continua de individualidad. Parece difícil comprender cómo se puede hablar todavía de la independencia de la filosofía respecto de la biología. Quienes hayan tenido acceso a la investigación biológica se darán cuenta a cada momento de su relación íntima con los problemas filosóficos. Una filosofía de la Naturaleza que no se percate de este hecho no puede responder a las exigencias del momento actual.

3

Consideraremos ahora aquellos problemas de la filosofía de la Naturaleza que han derivado de la física. En primer lugar, examinaremos los problemas del espacio y el tiempo. Debido a la teoría de la relatividad y a su elaboración filosófica, estos problemas han sido so-

[5] Véase J. SCHAXEL, *Erkenntnis*, vol. 1, núm. 6, 1930.

metidos últimamente a un análisis extenso que ha conducido a ciertas conclusiones definitivas. En este terreno, por tanto, nos encontramos por primera vez con un complejo de problemas cuyo análisis está relativamente completo. Las preguntas filosóficas que pudieran haberse planteado han sido contestadas. Desde luego, decimos «relativamente completo» porque no queremos predecir cómo juzgarán los siglos venideros nuestros resultados; pero basándonos en nuestro conocimiento actual podemos hablar de una cierta plenitud.

Podríamos resumir los resultados del reciente análisis de los problemas del espacio y el tiempo de la manera siguiente: el espacio y el tiempo no son formas de orden que el sujeto del conocimiento impone sobre la realidad, como creían los filósofos anteriores, sino que son propiedades que indican un orden objetivo del mundo físico y que son observadas realmente por el sujeto del conocimiento. Esta idea constituye una seria ruptura con la concepción filosófica imperante desde los tiempos de Kant, pero el desarrollo de las matemáticas y la física ha conducido de un modo tan decisivo a esta idea que sentimos está justificada. No queremos disminuir el mérito histórico de Kant. Por el contrario, Kant realizó un ingenioso intento para proporcionar una justificación a la teoría del espacio de la física de Newton. Kant tenía razón al considerar el extraño hecho de que la geometría es, por una parte, una ciencia absolutamente cierta, y que, por otra, esta ciencia describe presumiblemente el espacio como un problema que merece un análisis filosófico. La supuesta naturaleza dual de la geometría condujo a Kant a su concepto de lo sintético *a priori*, y le hizo pensar que su teoría de que el espacio constituye una forma de intuición derivada de la estructura subjetiva de la razón explicaba esta dualidad. Según Kant, el espacio es una forma de intuición *a priori* porque deriva de la razón, pero es también un presupuesto necesario de todos los juicios sintéticos y, en consecuencia, descriptiva del mundo físico. Tenemos que admitir que esta construcción representa un intento ingenioso de resolver el problema, según lo vio él, pero las concepciones científicas han cambiado desde entonces y la solución propuesta por Kant no puede ser aceptada ya por nosotros. La creencia de que la geometría euclidiana es inmediatamente necesaria y aplicable a la realidad se debía al hecho de que sólo se conocía una geometría. Durante el siglo pasado se han construido una pluralidad de geometrías y ya no podemos decidir *a priori* cuál es la geometría que regula el espacio físico. Las diversas geometrías expresan simples posibilidades matemáticas, pero sólo la experiencia puede determinar cuál de estas posibilidades se realiza en el mundo físico. El problema de cuáles son las leyes geométricas

que rigen en realidad ha encontrado una solución empírica. En este aspecto las leyes geométricas no difieren de las otras leyes físicas. Podemos siempre considerar una decisión empírica como una selección realizada entre varios sistemas formales consistentes, de tal modo que la elección misma es puramente empírica. Las matemáticas nos dicen, por ejemplo, de qué modo se movería un punto másico bajo la influencia de una fuerza de atracción que disminuyese en proporción inversa a la primera, segunda, o tercera potencia de la distancia desde su centro; la experiencia decide que únicamente la segunda de estas posibilidades es valedera respecto del movimiento de los planetas. Debemos considerar de igual modo la decisión sobre la geometría valedera en el mundo físico como un acto de selección basado en la experiencia[6]. Mediante esta selección, esto es, coordinando una estructura conceptual determinada con la realidad, describe la física una propiedad de la Naturaleza.

¿Qué clase de propiedades físicas se formulan en geometría? Helmholtz nos da la respuesta: la geometría no formula sino relaciones espaciales entre cuerpos rígidos. Nosotros encontramos esos cuerpos rígidos en la naturaleza y podemos efectuar medidas con su ayuda. Podríamos, por ejemplo, trazar un amplio círculo sobre un terreno nivelado anudando un extremo de un cordel a una vara y moviendo el otro extremo como un compás. Si tomásemos entonces un instrumento de medida y midiésemos la circunferencia y el diámetro del círculo obtendríamos, como razón de los números resultantes, el número 3,14... Este resultado es empírico. No es lógicamente necesario, pero expresa una propiedad de los cuerpos rígidos que ha sido formalizada en el sistema de la geometría euclidiana. Si la razón hubiese sido diferente no hubiéramos tenido que esperar a que Bolyai y Lobatschefskyj descubriesen una geometría no euclidiana; los antiguos egipcios habrían hallado una relación más complicada entre la circunferencia y el diámetro de un círculo y Euclides habría axiomatizado una geometría más compleja. No sólo los matemáticos se habrían ajustado a esta geometría más compleja, sino también el resto de la gente y la especie humana habría desarrollado desde hace mucho tiempo la capacidad de

---

[6] Realmente, el problema es más complicado, puesto que la decisión acerca de la geometría se determina únicamente después de que se han establecido ciertas definiciones. Puede demostrarse, sin embargo, que la geometría comparte esta característica con otras afirmaciones empíricas. La falta de determinación puede eliminarse sustituyendo el requisito de las definiciones coordinadas. El convencionalismo ha conducido a interpretaciones equivocadas y a una defensa sin justificación del *a priori* geométrico. Para un análisis más detallado nos referimos a *The Philosophy of Space and Time*, del autor; Dover Publications, Inc., Nueva York, 1958, apartados 4 y 8.

visualizar una geometría no euclidiana. Nuestra capacidad de visualizar la geometría euclidiana es una consecuencia del condicionamiento no sólo desde el punto de vista ontogenético, sino también filogenético; cuyo condicionamiento tiene su origen en el hecho de que nuestro mundo de cuerpos rígidos posee una estructura que se aproxima en alto grado a la euclidiana. Si se comprende la relación entre la capacidad de visualizar y la aplicación de la geometría a la realidad no resulta difícil visualizar geometrías no euclidianas. Podemos considerar hoy como una conclusión filosófica que las geometrías euclidianas pueden ser visualizadas del mismo modo que la euclidiana [7]. Incidentalmente, la descripción del espacio físico en términos de la geometría euclidiana sólo es correcta de una manera aproximada; en dimensiones astronómicas rige la geometría de Riemann.

Las propiedades del tiempo son análogas a las del espacio. El tiempo no es tampoco una forma de intuición, sino una propiedad de la Naturaleza que nosotros representamos mediante un sistema conceptual. Las cadenas causales son los fenómenos físicos que se corresponden (en relación al tiempo) con los cuerpos rígidos del espacio. Con el término «cadena causal» queremos referirnos a toda forma de propagación causal, tal como la trasmisión de un telegrama mediante una señal electromagnética, o incluso el transporte de una cosa material. Todos los acontecimientos físicos forman estas cadenas causales y, en consecuencia, presentan una estructura. Esta estructura es una red, cuyas líneas las interpretamos como orden temporal. Es imposible formular con precisión las leyes de esta estructura lineal. Una de las propiedades más importantes de estas líneas, extendidas a través del mundo, esto es, de las cadenas causales, es que jamás retornan al punto de partida. Por «retorno» no queremos decir solamente al mismo lugar, sino al mismo momento del acontecimiento, esto es, al mismo lugar y al mismo tiempo. No resulta fácil imaginar lo que ocurriría si las cadenas causales retornasen al punto de partida, debido a lo acostumbrados que estamos a una estructura diferente de la realidad. Cadenas causales cerradas conducirían a consecuencias muy extrañas. En un mundo así podríamos encontrarnos un día con nuestro primer yo y entrar en embarazosos argumentos sobre si eran o no idénticos el uno del otro. Afortunadamente, nuestro mundo está construido de tal manera que este acontecimiento no ocurrirá nunca, pero no podemos decir que esto sea una necesidad *a priori*; estamos ocupándonos de una propiedad de la reali-

---

[7] Para un análisis más detallado referimos al lector a *The Philosophy of Space and Time*, *op. cit.*, secciones 9 y 13.

dad confirmable por la experiencia. Dado que no existen cadenas causales cerradas, el orden del tiempo es único. Por tanto, podemos decir que el orden temporal está determinado por la estructura causal del mundo. Si tiene algún sentido en absoluto preguntar cuál es la naturaleza del tiempo este descubrimiento es la respuesta.

Examinaremos ahora un grupo de problemas físicos que, en contraste con los problemas del espacio y el tiempo, se encuentran en el momento actual muy en el primer plano de la discusión. Al hallarse todavía por terminar su investigación, no puede hablarse de conclusiones definitivas, aun cuando se hayan establecido algunos principios fundamentales. Estos problemas se refieren a la naturaleza de las leyes físicas. A fin de entender dichos problemas debemos hacer mención de su tratamiento en la historia de la ciencia.

La idea de que existe una determinación causal estricta de todos los acontecimientos físicos se ha considerado como el fundamento de la ciencia moderna, y esta característica constituye, ciertamente, un avance sobre la ciencia de tiempos antiguos. Los antiguos no tuvieron una concepción científica de las leyes naturales. Para ellos, las leyes de la Naturaleza eran simples reglas empíricas y, por tanto, no se asombraban cuando aparecía alguna vez una excepción a la regla. La ciencia moderna, por el contrario, ha afirmado que no existen excepciones a las leyes de la Naturaleza. Lo que a nosotros nos parece una excepción constituye el efecto de la actuación de factores más complejos y podríamos reconocer inmediatamente el carácter causal estricto, incluso de los casos excepcionales, si poseyéramos un conocimiento comprensivo de todos los parámetros, de modo que pudiéramos efectuar nuestros cálculos en consecuencia. El principio de la determinación causal estricta de todos los acontecimientos ha obtenido grandes éxitos en la ciencia y ha sido la razón de la admiración y veneración casi religiosa que hacia la ciencia natural han sentido muchos de sus partidarios. Realmente, la idea de una determinación causal estricta de todos los acontecimientos naturales tiene un toque de sublimidad sobrehumana que hace resaltar con demasiada claridad la imperfección del conocimiento y acción humanos. Deben recordarse estas asociaciones sentimentales para comprender por qué algunos eminentes científicos modernos se encuentran dispuestos desfavorablemente hacia los desarrollos más recientes de la física, que han conducido al abandono de la causalidad estricta. Consideran este abandono como la renuncia a un principio fundamental de la investigación científica y quieren hacer ver desesperadamente, casi como un artículo de fe, que debe preservarse la creencia en la causalidad estricta, aun cuando, en el momento pre-

sente, la situación en las ciencias naturales no justifique dicha fe. La generación más joven no está de acuerdo con este punto de vista. Con objeto de exponer el concepto usual de ley física debemos primero efectuar el análisis lógico del concepto que se halla en la base del problema de la causalidad: el concepto de probabilidad.

El concepto de probabilidad se formuló por primera vez en una teoría matemática relativa a los juegos de azar. Pronto, sin embargo, sobrepasó este tema, bastante trivial desde el punto de vista científico, e invadió la física, donde apareció en la teoría de los errores. Incluso aquí se le consideraba como un subproducto poco importante, ya que, aparentemente, sólo tenía importancia para determinar los límites de exactitud. El cambio de actitud surgió al utilizarse el concepto de probabilidad en la teoría cinética de los gases, pues entonces adquirió una importancia fundamental. La utilización del concepto de probabilidad por Boltzmann en su análisis de la segunda ley de la termodinámica es de una significación decisiva.

Esta ley, que formula la directriz de todos los procesos térmicos, había sido, en un principio, del tipo causal estricto, del mismo modo que la primera ley sobre la conservación de la energía. Para formular la segunda ley se introdujo el concepto de entropia, por analogía con el concepto de energía, y se interpretó que la referida ley expresaba el hecho de que todos los cambios térmicos van acompañados de un aumento en la entropia del sistema total. Boltzmann demostró que se debe entender esta ley como una ley estadística que permita la mezcla de un gran número de partículas. Daremos un ejemplo para ilustrar este punto.

Si tomamos un recipiente dividido en dos departamentos y llenamos uno de ellos de oxígeno y el otro de nitrógeno, quitando entonces la pared divisoria, las moléculas de los dos gases se mezclarán. ¿Por qué ocurre esto? No podemos encontrar una ley causal que explique *este proceso*. Lo explicamos mejor mediante una ley estadística de cuya exactitud estamos firmemente convencidos. Desde luego, no podemos excluir la posibilidad de que pudiera ocurrir en ocasiones el proceso opuesto. Por ejemplo, las moléculas de oxígeno del aire podrían acumularse en un extremo de la habitación y las de nitrógeno en el opuesto. Aunque las consecuencias serían muy desagradables para la gente que se encontrase en la habitación, no conocemos una ley de la Naturaleza que excluya tal suceso. El único consuelo que podemos ofrecer respecto de esta posibilidad es el de que resulta extremadamente imposible que ocurra. Este consuelo es suficiente, sin embargo, para fines prácticos. De todos modos, nuestras exigencias de exactitud en la vida cotidiana

no son excesivas. Sabemos, por ejemplo, que cada año ocurre determinado número de accidentes de ferrocarril, pero no nos preocupamos, aunque cada vez que viajamos por tren exista cierta posibilidad de que ocurra un accidente. Identificamos poca probabilidad con imposibilidad y mucha probabilidad con seguridad, olvidándonos por completo de que estamos hablando, sin embargo, de probabilidades. Por lo que se refiere a los viajes por tren, nunca olvidamos del todo que estamos hablando de probabilidades, como lo demuestra el hecho de que mucha gente considera necesario hacer un seguro de accidentes. Pero el resultado de esto es simplemente que se sustituye la probabilidad relativamente alta de un acontecimiento favorable por una probabilidad todavía mayor. Desde luego, no es imposible que la compañía de seguros pueda declararse en bancarrota porque todos los clientes sufran un accidente de tren en el mismo día. Cuando consideramos las afirmaciones de la vida cotidiana encontramos que todas ellas omiten la escasa probabilidad de un supuesto negativo.

En la concepción de Boltzmann de la segunda ley de la termodinámica se asume no sólo la mezcla de moléculas, sino también la de velocidades. Estas dos asunciones son fundamentalmente la misma. La entropia se interpreta como la probabilidad de un estado termodinámico; podemos considerarla como el «grado de compensación». En su tiempo, la idea de Boltzmann se consideró como un descubrimiento físico capital, y con razón, pues ofrece una explicación de la ley de la entropia creciente. Lo que con anterioridad había de aceptarse como un hecho de la Naturaleza resultó comprensible de repente explicándose mediante una reducción al principio de probabilidad. Pero esta explicación, en términos del principio de Boltzmann, resultó ser de una utilidad dudosa, ya que una ley que había sido considerada estricta hasta entonces se veía transformada en una ley que tenía vigencia de un modo aproximado únicamente. Así penetró la inseguridad en la más exacta de las ciencias. Si la física reconocía tales leyes de probabilidad, ya no podía reclamar para sí la exactitud de sus leyes que hasta aquel momento había constituido su mayor triunfo.

Para evitarse esta consecuencia se trazó una distinción entre la Naturaleza física, regulada estrictamente, por una parte, y el imperfecto conocimiento humano de esta regularidad, por otra. Se dijo que el concepto de probabilidad tenía su origen en la imperfección del conocimiento humano y que constituía un recurso provisional de la ignorancia del hombre, que podría ser eliminado en una física ideal. Si nos halláramos en situación de poder conocer con certeza las posiciones y velocidades iniciales de todas las moléculas de gas en un momento deter-

minado del tiempo, y si pudiésemos calcular matemáticamente sus relaciones mutuas, podríamos predecir la conducta del gas con la misma precisión con que el astrónomo predice un eclipse de Sol. Algún tiempo antes, Laplace había creado el símbolo clásico de esta idea al postular una inteligencia sobrehumana que pudiese predecir el futuro con exactitud y que no tuviese que acudir a la probabilidad. Esta concepción recibe el nombre de teoría subjetiva de la probabilidad, porque, según ella, el concepto de probabilidad se origina en la imperfección humana y no tiene sentido objetivo.

Pero la teoría subjetiva no puede hacer justicia al concepto de probabilidad. Esta interpretación descuida el hecho de que las leyes de probabilidad, en la forma de afirmaciones de frecuencia, soportan muy bien la comprobación mediante la realidad. No puede justificarse su aplicación a la realidad si se consideran dichas leyes como resultado de la ignorancia por parte del sujeto del conocimiento. Si formulamos estadísticamente las leyes de la teoría de los gases, simplemente porque no conocemos nada definido sobre los movimientos de las moléculas, es difícil entender por qué estas leyes describen, no obstante, la conducta de los gases. Es difícil imaginar que la Naturaleza considera de un modo tan favorable la ignorancia humana. Esta objeción contra la teoría subjetiva de la probabilidad es decisiva. Por consiguiente, se ha construido una teoría objetiva de la probabilidad que trata de demostrar que las leyes de probabilidad tienen validez objetiva en el mismo sentido que las causales. Según esta interpretación, la regularidad de procesos estadísticos, tales como la conducta molecular, constituye una propiedad de los acontecimientos físicos y la labor de la ciencia consiste en formular leyes estadísticas del mismo modo que formuló leyes causales. Parece también inapropiado considerar como provisional la utilización de leyes estadísticas. Ni incluso el demiurgo de Laplace renunciaría al uso de tales leyes —como el matemático francés Carnot hizo notar en la cuarta decena del siglo pasado—, ya que sus cálculos exactos conducirían a los mismos resultados que las leyes estadísticas en lo que respecta al cálculo de probabilidades. Sus cualidades sobrehumanas sólo serían discernibles en su capacidad para manipular el instrumento matemático de la probabilidad mucho mejor de lo que podemos nosotros.

Con la ayuda de estas consideraciones epistemológicas se estableció el principio estadístico como una forma de regularidad, con un rango igual al principio de causalidad. Incluso en época de Boltzmann, los científicos debatían sobre si el principio estadístico no remplazaría algún día al principio de causalidad y sobre si el destino, que había

transformado la segunda ley de la termodinámica, de ley estricta en ley estadística, no afectaría del mismo modo a todas las leyes físicas [8]. Sólo era posible, sin embargo, dar una formulación rigurosa a tales ideas una vez que se hubiese sometido a análisis crítico el concepto de causalidad. Volveremos en breve sobre esta evolución.

La posición de la teoría subjetiva de la probabilidad resultó minada en último término por las investigaciones referentes a la relación entre causalidad y probabilidad. El concepto de probabilidad se presenta como indispensable, incluso en las así llamadas leyes estrictas de la física, en cuanto se quieren aplicar estas leyes a un caso concreto. El conocimiento científico consiste en la capacidad de predecir un acontecimiento dado. Sabemos muy bien que las condiciones con arreglo a las cuales calculamos el curso de un acontecimiento no se dan nunca por completo en el mundo físico. Por ejemplo, no podemos tomar nunca en cuenta todos los factores causales cuando calculamos el movimiento de un cuerpo material, tal como un proyectil. Si, a pesar de ello, somos capaces de efectuar a menudo predicciones concretas, debemos nuestro éxito al hecho de que el concepto de probabilidad se aplica al mundo físico. La probabilidad toma en consideración aquellos factores descuidados en nuestros cálculos. La importancia del concepto de probabilidad es evidente también en la teoría de los errores de observación. Sin embargo, constituye un error creer que la probabilidad queda restringida en este caso a un intervalo estrecho de exactitud. La diferencia consiste tan sólo en que, dentro de ese intervalo, la probabilidad es notablemente menor que 1, mientras que, fuera del intervalo, se aproxima mucho a 1. La propiedad asintótica de las curvas exponenciales de Gauss proporciona una analogía precisa de esta idea. Unicamente podemos afirmar, con gran probabilidad, que el valor de la magnitud prevista se encuentra dentro del intervalo dado, pero nunca podemos sostenerlo con certeza. Toda aplicación de las leyes causales a objetos físicos depende, por tanto, del concepto de probabilidad. Incluso la afirmación de que las leyes causales describen relaciones entre objetos reales y no imaginados es una afirmación de probabilidad.

Por el momento, la física ha mantenido la idea de que la probabilidad de la predicción aumentaría según lo haga el número de factores causales incluidos en la descripción de las condiciones iniciales. Sin embargo, esta afirmación descansa también en el concepto de probabilidad. Es una afirmación convergente añadida a la afirmación sobre la

---

[8] Es apenas posible determinar hoy quién expresó esta idea por primera vez.

relación de probabilidad entre causa y efecto. Por tanto, se deben sustituir las afirmaciones causales estrictas por estas dos siguientes:

I. Si se describe un acontecimiento mediante cierto número de parámetros, se puede predecir un acontecimiento posterior, caracterizado también por un determinado número de parámetros con una probabilidad p.

II. La probabilidad p se aproximará más a 1 cuantos más parámetros sean tomados en cuenta.

Estas dos afirmaciones vienen a ocupar el puesto de la aserción de causalidad estricta; incorporan el concepto de probabilidad. Si se sustituyesen por la afirmación de que «los acontecimientos físicos están determinados estrictamente» se remplazaría una afirmación convergente por otra límite. Este procedimiento es inofensivo, con tal de que se comprenda que la afirmación límite no puede expresar más de lo que se formula explícitamente en la afirmación convergente. Sin embargo, se olvida, por lo general, que la definición de una afirmación límite está hecha en términos de una afirmación convergente y surgen malentendidos sobre el concepto de causalidad. En particular, surge la idea errónea de que se puede eliminar el concepto de probabilidad. Este error se asemeja al cometido cuando se define el cociente diferencial como la razón de dos magnitudes infinitesimales. Los equívocos sobre el concepto del tiempo, que está relacionado estrechamente con el concepto de causalidad, tienen un origen similar, pero no podemos entrar en una discusión de este asunto en este momento.

La formulación del concepto de causalidad dada en los puntos I y II sugiere inmediatamente la posibilidad de generalizar el concepto. Podemos considerar situaciones que requieran la sustitución de la afirmación II por otra más general, que diga que la probabilidad de la predicción no puede aproximarse a 1 tanto como queramos. Esta versión generalizada de la afirmación II constituye la formulación estricta de nuestra conjetura anterior sobre la posibilidad de que se hayan de reducir las leyes causales a leyes estadísticas. Desde luego, esta reducción sólo alteraría el carácter de nuestro conocimiento científico en el caso de que impidiera describir causalmente un acontecimiento aislado, esto es, si la predicción de dicho acontecimiento no pudiera aproximarse a 1 tanto como quisiéramos tomando más parámetros en cuenta.

Estas consideraciones enseñan que un análisis epistemológico riguroso puede eliminar determinadas nociones preconcebidas, que arrancan de la creencia en una especie de necesidad *a priori*. Es una cuestión empírica la de si la afirmación II es verdadera o falsa. Consideramos como un síntoma favorable hacia un acuerdo entre la filosofía mo-

derna de la ciencia y la física, que la posibilidad de generalizar la afirmación II [9] fuera sugerida originalmente en atención a consideraciones filosóficas relativas al concepto de causalidad y se adoptara después por la moderna mecánica cuántica, que ha sustanciado la aplicabilidad de la generalización. La aserción fáctica de que existen límites a la predictibilidad de un acontecimiento sólo podía hacerse por la física; la labor de la filosofía finalizó al señalar esta posibilidad.

El Principio de Indeterminación de Heisenberg afirma que existen límites a la predictibilidad en la física cuántica. No nos ocuparemos de la justificación de Heisenberg en términos de la perturbación del objeto por el medio de observación, ya que es suficientemente conocida. Incidentalmente, el principio tiene una formulación más restringida que la negación de la afirmación II. Esta restricción es muy plausible para los filósofos, quienes nunca hacen aseveraciones absolutamente generales, sino que formulan sus generalizaciones de la manera más específica posible. Según Heisenberg, la probabilidad de predecir el valor de un solo parámetro (o incluso de varios parámetros del mismo tipo) puede aproximarse a 1 tanto como se quiera, pero una predicción simultánea del valor de un parámetro de clase distinta (o de varios parámetros semejantes) tiene una probabilidad que decrece en consecuencia. La probabilidad de predecir los valores de todos los parámetros relevantes, computada como el producto de las probabilidades elementales, está restringida a un límite por debajo de 1. Sin embargo, sólo se puede caracterizar exhaustivamente un acontecimiento mediante una combinación de todos los factores relevantes.

La física se ha decidido así en favor de un tipo de ley más general que la basada en el concepto tradicional de causalidad. Algunos físicos, entre los que se encuentran un número de aquellos sobresalientes científicos que son responsables de los más importantes aciertos de la física contemporánea, tienden a ver esta decisión como un fracaso de la ciencia física, como un abandono del conocimiento, y han expresado la esperanza de que la aceptación de las leyes de probabilidad será sólo una fase transitoria en el desarrollo de la física. Nosotros pensamos que su concepción de las leyes físicas está equivocada. Presumiblemente esta concepción surgió de una aproximación epistemológica errónea al problema de la causalidad, que dio lugar a una falsa idealización de las posibilidades del conocimiento. La labor de la epistemología no

---

[9] Esta formulación la expuso el autor por primera vez en "Die Kausalstruktur der Welt und der Unterschied von Vergangenheit und Zukunft", *Ber. d. Bayer. Akademie d. Wissensch.*, Munich, 1925, pág. 138.

es la de prescribir la estructura de la Naturaleza. Si resulta que la causalidad estricta, establecida en la afirmación II, no tiene vigencia, entonces esta conclusión constituye una aseveración empírica que debe ser aceptada sin tener en cuenta nuestras reacciones emocionales.

Esta conclusión no representa un fracaso de la física, sino que constituye una propiedad objetiva de la Naturaleza. Más aún: este descubrimiento es de importancia capital y tiene tanto derecho a nuestra admiración como cualquier otro descubrimiento de la física.

4

Estudiaremos ahora aquellos problemas de la filosofía de la ciencia relativos a los fundamentos de las matemáticas. Estos problemas pertenecen primariamente al desarrollo de la lógica; las consideraciones epistemológicas son de importancia secundaria. Kant sostuvo que la lógica no había experimentado ningún desarrollo significativo desde la época de Aristóteles. Podemos estar de acuerdo con la afirmación de Kant si la consideramos como una opinión del siglo XVIII, pero la lógica ha cambiado tan radicalmente, desde entonces, bajo la influencia de la evolución de las matemáticas, que la lógica aristotélica parece primitiva en comparación. Nos ocuparemos ahora de esta nueva lógica y de sus problemas.

La nueva lógica se caracteriza externamente por el hecho de que utiliza una notación simbólica similar a la de las fórmulas matemáticas. Esta característica se consideró innecesaria y pedante al principio. Algunos filósofos han dicho que la lógica simbólica no podría nunca llevar a cabo más de lo que la lógica tradicional formuló en lenguaje corriente, ya que todo lo que puede ser expresado mediante símbolos puede ser expresado también mediante palabras. Esta observación es *correcta* en principio, pero extremadamente ingenua desde el punto de vista humano y psicológico, y es difícil de entender cómo puede ser defendida hoy seriamente. La utilización de una notación simbólica es importante por razones psicológicas. Los símbolos son necesarios para la clarificación de nuestras ideas. ¿Qué habría sido de las matemáticas sin el cálculo? Sin embargo, tampoco el cálculo matemático es indispensable, pues, en principio, cada fórmula matemática puede reducirse a palabras. La introducción de un cálculo en la lógica condujo a un número considerable de conclusiones desconocidas por la lógica tradicional.

Mencionemos unos pocos ejemplos. La lógica tradicional consideraba

que todas las afirmaciones eran del tipo sujeto-predicado: *S es P*. Hoy sabemos que éste no es sino un tipo de afirmaciones, el tipo de aquellas afirmaciones que contienen predicados con un solo sentido, y que las afirmaciones que contienen predicados de múltiples sentidos no pueden encuadrarse en este tipo. Los predicados con más de una variable ocurren constantemente, no sólo en la ciencia, sino en el lenguaje cotidiano. Más aún: la lógica tradicional no distinguía el significado de «es» en la frase «Sócrates es un hombre» de su significado en la frase «Un negro es un hombre»; concepción que condujo a falsas interpretaciones del concepto de categoría y que puede haber contribuido a la noción errónea de que los conceptos existen como entidades independientes. La lógica moderna ha revelado la distinción fundamental entre proposición y función proposicional. Una función proposicional es más general que una proposición y contiene variables libres. El concepto de función proposicional aclara el razonamiento matemático así como el razonamiento cotidiano. La estructura de una amplia categoría de proposiciones —la categoría de las proposiciones generales— sólo resulta clara cuando se consideran las funciones proposicionales como parte integrante de ellas. En resumen, el uso de la notación simbólica ha facilitado de repente un número de descubrimientos lógicos que, por razones psicológicas, nunca se hubieran efectuado mediante una lógica atenida al lenguaje natural.

La lógica simbólica se convirtió en un instrumento indispensable para la fundamentación de las matemáticas, debido al descubrimiento de contradicciones en ésta, la más exacta de las ciencias. En la teoría de las categorías se podían formular conceptos que eran perfectamente correctos en apariencia, pero que conducían a contradicciones mediante inferencias lógicamente válidas. La aparición de paradojas en la teoría de las categorías resultó muy inquietante para los matemáticos. En un primer momento trataron de eliminar estas paradojas, considerando inadmisibles las expresiones correspondientes, pero pronto comenzaron a preocuparse de si no estaban eliminando demasiado al actuar así. La continuación de estas investigaciones dividió a los matemáticos en varios grupos. El intuicionismo de Brouwer es el más radical con relación a las restricciones. Insiste en prescindir incluso de la utilización indiscriminada de la Ley del Tercio Excluso y ataca así los fundamentos de la lógica aristotélica. Russell trató de superar las dificultades mediante su teoría de los tipos, cuyo principio más importante es la distinción de expresiones lingüísticas sin sentido en verdaderas y falsas. Puede encontrarse cierta síntesis de las ideas de Russell y Brouwer en los escritos de Wittgenstein, quien mantiene que en los comienzos de

la lógica se encuentra una teoría del lenguaje. Hilbert trató de salvar la matemática clásica construyendo una fundamentación axiomática cuya consistencia intentó probar audazmente.

Aunque Hilbert no llevó a cabo por completo su prueba han surgido dudas recientemente sobre si es posible hacer esto —la formulación del problema en sí y los métodos utilizados en relación con el mismo representan un avance extraordinario en el análisis filosófico.

El descubrimiento filosófico más importante que debe mencionarse en este contexto es la distinción entre forma y contenido. El contenido de un pensamiento puede ser expresado simbólicamente mediante una secuencia de signos. Esta secuencia de signos puede concebirse de manera puramente formal si se olvida el contenido de la frase y se la considera simplemente como una relación entre signos. Podemos efectuar operaciones con estos signos que pueden compararse a los movimientos del juego de ajedrez. Existen prescripciones sobre la eliminación de los paréntesis, sobre la sustitución de signos nuevos por los originales, etcétera. Existe una auténtica álgebra de la lógica por medio de la cual se manipulan formas sin tener en cuenta su significado. El problema de la consistencia de un sistema formal se trata de tal forma que la aparición de una contradicción está asociada con la aparición de una determinada secuencia de signos y se prueba que el sistema es consistente demostrando que esta secuencia no puede ocurrir nunca. Existen pruebas de consistencia para diversas partes elementales de la lógica. La formalización nos permite establecer la validez de sentencias cuya importancia es de gran alcance. Más aún: estas sentencias continúan siendo válidas cuando se adscribe un significado a los signos.

La creencia anterior de que la consistencia lógica es un postulado *a priori* resultaba de la confusión de dos aserciones completamente distintas, como podemos ver hoy. La ley de contradicción, que afirma que una sentencia y su contraria no pueden ser verdaderas al mismo tiempo, es necesaria lógicamente, pero la necesidad de esta ley no implica que la lógica no conducirá nunca a contradicciones. Lo único que puede postularse, sobre la base de la ley de contradicción, es que no deberían ocurrir contradicciones; que *ocurran* es una cuestión muy diferente. La afirmación de que las contradicciones no ocurren, de que la lógica es consistente, no es evidente por sí misma en absoluto. Decidir si un sistema de axiomas lógicos es consistente requiere un análisis especial —hay que probar la consistencia del sistema—. Este descubrimiento de la lógica moderna se debe en gran parte a Hilbert y son los procedimientos utilizados para llevar a cabo la prueba de consistencia los que requieren el tratamiento formalista de las afirmaciones lógicas.

Debemos considerar la distinción entre forma y contenido, como una conclusión filosófica del más alto orden. Permite una percepción de la naturaleza del razonamiento que no podía ser anticipada. Sin embargo, no todas las afirmaciones referentes a relaciones lógicas carecen de contenido. Las afirmaciones de la metafísica matemática tienen sentido, ya que constituyen asertos sobre fórmulas matemáticas. Los métodos de la lógica simbólica moderna no están tan alejados de nuestro razonamiento cotidiano. Utilizamos técnicas similares cuando efectuamos operaciones aritméticas elementales, por ejemplo, cuando multiplicamos números no dígitos y corremos la hilera de números hacia la izquierda antes de sumarlos. Este procedimiento constituye una multiplicación por 100, pero nadie advierte este hecho mientras está llevando a cabo la multiplicación. Ello es afortunado porque los cálculos prácticos únicamente adquieren garantía de exactitud a través de tales procesos de formalización. Las instrucciones para el uso de productos químicos o de maquinaria doméstica ilustran la relevancia de las técnicas formales. Se dan instrucciones para el manejo de diversos dispositivos, por ejemplo, para el giro de una llave determinada, sin ninguna explicación sobre su función real.

Muchos matemáticos y lógicos se han ido interesando en los problemas de la lógica matemática, y la lógica simbólica que se ha desarrollado como consecuencia de su interés desempeña un papel importante en la nueva filosofía de la ciencia. Caracterizar estas investigaciones como puramente «matemáticas» o «afilosóficas» significa interpretar erróneamente la naturaleza de la filosofía. Estos estudios tratan de problemas que se han considerado siempre como filosóficos, pero a los cuales no se les había encontrado una solución hasta ahora.

5

En la sección siguiente nos ocuparemos de algunos problemas que no pueden clasificarse como pertenecientes a alguna de las ciencias especiales. Es apropiado por completo que la filosofía de la Naturaleza se interese en estos problemas, ya que existe una transición gradual desde los problemas de las ciencias especiales a estos otros, más comprensivos. El análisis de las leyes de la Naturaleza, por ejemplo, no puede restringirse a la física. Es un tema que afecta a todas las ciencias.

Nos gustaría mencionar, en primer lugar, el problema de nuestro conocimiento del mundo externo. Se trata de un problema muy antiguo, que fue elaborado de una manera interesante durante el siglo pa-

sado por la escuela positivista de Ernst Mach, Avenarius, Cornelius y otros. El positivismo sostiene que los datos sensoriales constituyen los componentes básicos de cualquier afirmación sobre la realidad que tenga sentido. Todos los, así llamados, objetos del mundo externo de los que podemos hablar no son sino construcciones lógicas, realizadas a partir de los datos de los sentidos. Cuando un astrónomo predice un eclipse de Sol tiene lugar el siguiente proceso: primero observa las estrellas, esto es, tiene ciertas experiencias perceptibles de puntos brillantes y oscuros. Seguidamente interpreta esas experiencias perceptibles en términos de una teoría que se refiere a cuerpos celestes gigantes, tales como el Sol, la Tierra y la Luna, que giran unos alrededor de otros. De las leyes que gobiernan estos cuerpos infiere que existirán más experiencias perceptibles de puntos brillantes y oscuros; experiencias de la clase que realmente experimentamos durante un eclipse. Según la idea positivista, la parte del proceso que se refiere al mundo externo no es sino un dispositivo para relacionar dos series de experiencias perceptibles. Por tanto, no es necesario hablar de objetos externos, ya que, una vez descrita la relación entre las experiencias perceptibles, hemos dicho todo lo que hay que decir.

Mientras que el positivismo, en su forma original, se prestaba a serias objeciones que nunca fueron refutadas de una manera satisfactoria por los antiguos positivistas, Carnap ha vuelto a formular la posición de tal modo que esas objeciones ya no son válidas. Es característico del procedimiento de Carnap la aplicación de los métodos de la lógica matemática a su análisis del problema epistemológico, llegando así a un neopositivismo lógico que se asienta sobre una base mucho más firme. Carnap utiliza primariamente definiciones contextuales para construir los conceptos. Este método no define los conceptos aislados, al modo que lo hacía la lógica tradicional, esto es, haciendo constar el género próximo y la diferencia específica (por ejemplo, el león es un animal de presa de tales y cuales características). En su lugar, una sentencia entera, que contiene el nuevo concepto, se define mediante una sentencia (o grupo de sentencias) de una estructura lógica completamente diferente. De esta manera, lo que se define no es un concepto, sino una sentencia en la cual aparece un concepto. Así, Carnap define la sentencia «los objetos materiales existen» mediante esta otra: «existen ciertas regularidades entre las percepciones».

Con este procedimiento se eliminan las objeciones usuales contra el positivismo, que sostienen que las cosas no existirían para los positivistas cuando no se perciben. No queremos decir que, en consecuencia, consideremos adecuado el análisis que hace Carnap del problema del

mundo externo. Por el contrario, nos parece que pueden plantearse algunas objeciones fundamentales incluso contra la formulación de Carnap. Sin embargo, una discusión sobre estas objeciones iría más allá de los límites del presente ensayo. Independientemente de estas consideraciones, queremos resaltar que Carnap formula por primera vez el problema del mundo externo de una manera llena de sentido. Cualquier intento sistemático de una solución a este viejo problema epistemológico tendrá que partir del análisis de Carnap.

Otro problema que nos gustaría mencionar brevemente es el relativo a la libertad de la voluntad. Los filósofos han relacionado siempre este problema con el determinismo causal estricto. Todos ellos se han ocupado de la relación entre el determinismo y la libertad, hayan afirmado o negado la libertad de la voluntad, o lo hayan considerado como un pseudoproblema. Dado que el análisis de los fundamentos de la ciencia ha conducido al abandono de la concepción del determinismo causal estricto, debemos formular de nuevo el problema de la libertad de la voluntad. Desde luego, sería miope interpretar la sustitución de las relaciones causales estrictas por relaciones de probabilidad como una justificación inmediata de la libertad de la voluntad. La libertad de la voluntad no puede equivaler a una simple negación del determinismo. Por otra parte, parece igualmente miope negar que el problema de la voluntad libre requiera una nueva formulación, arguyendo que los procesos psicológicos son procesos moleculares que implican un número tan grande de partículas que podemos predecir esos procesos con gran probabilidad y considerar, por tanto, esa elevada probabilidad como seguridad. Aunque en la vida cotidiana no existe prácticamente diferencia entre alta probabilidad y seguridad, esta diferencia no debe ser descuidada con fines teóricos. Por el contrario, la solución al problema de si la voluntad es libre depende de esta distinción misma. Tampoco podemos dar por sentado que, en lo que se refiere a los procesos psicológicos, nos hallemos siempre ante elevadas probabilidades. Creemos, en consecuencia, que incluso este viejo problema filosófico encontrará una nueva solución a la luz del análisis moderno del carácter epistemológico de las leyes de la Naturaleza. Aunque todavía no estamos en condiciones de entrar en un análisis detallado, podemos decir que las relaciones de probabilidad entre dos acontecimientos nos exigen que consideremos la diferencia entre el pasado y el futuro bajo una nueva perspectiva. El análisis de esta diferencia será de gran importancia para la resolución del problema de la libertad de la voluntad.

6

Hemos llegado al final de nuestra revisión de la filosofía moderna de la Naturaleza. Debería resultar claro que esta filosofía se ocupa de auténticos problemas filosóficos mediante métodos científicos modernos. Resumamos brevemente los principios metodológicos implicados.

En primer lugar, una filosofía de la Naturaleza así constituye un gran triunfo del racionalismo. Por lo que sabemos, no existen hoy límites a la capacidad de la razón humana. Pero, por razón *(ratio)*, no queremos referirnos a la razón dogmática del racionalismo tradicional: sistema de departamentos categóricos dentro de los cuales se pretende encajar el conocimiento. Por el contrario, consideramos la razón humana como un instrumento flexible, capaz de satisfacer el requisito inexorable de adaptación continua a la experiencia. Esta concepción de la razón parece representar uno de los rasgos más característicos de la filosofía científica moderna.

Sin embargo, debe considerarse también la filosofía de la Naturaleza moderna como un triunfo del empirismo, ya que acepta la experiencia como criterio definitivo de todas las afirmaciones sobre el mundo físico. Utiliza la experiencia incluso para juzgar las últimas categorías, que la filosofía tradicional había considerado *a priori*. El empirismo moderno no contradice al racionalismo, puesto que el conocimiento se concibe como un sistema construido por la razón, sobre el que la experiencia ejerce una influencia reguladora y selectiva. Según se explicó anteriormente, se abandona la noción de que existen presupuestos necesarios del conocimiento. La razón misma está sometida a la función reguladora de la experiencia.

Por último, nos gustaría mencionar el aspecto técnico de la filosofía de la Naturaleza moderna, que representa una de sus características esenciales y ha contribuido en gran manera a su desarrollo. Esta filosofía ha creado recursos técnicos tales como la lógica simbólica, el método axiomático, etc. Se ha convertido en un maravilloso instrumento de análisis sistemático al utilizar los métodos teóricos de las ciencias físicas. Algunos filósofos lamentan esta evolución y prefieren el anterior método intuitivo de filosofar por considerarlo más humano. A nosotros nos parece esta actitud una especie de romanticismo que oprime al presente con los valores emocionales del pasado. No es razonable juzgar el tiempo en que vivimos por los valores aceptados de épocas pasadas. No podemos elegir nuestro destino; nos es dado y debemos aceptarlo si queremos vivir. Quienes se han adaptado a la nueva filosofía

de la naturaleza y han experimentado su tremendo potencial como fuente de conocimiento se han liberado de la nostalgia del pasado y han aceptado los métodos técnicos de análisis.

He aquí la nueva filosofía de la Naturaleza, todavía joven, todavía en sus comienzos, y, sin embargo, precisa y progresiva en visión. Se halla aún en período de crecimiento y ya está siendo atacada. Algunos la consideran como continuación de la gran tradición epistemológica del pasado. Para otros carece de interés, es abstrusa e indiferente a los problemas que a ellos les parecen esenciales, si bien no pueden negar su precisión lógica. ¿Cómo es posible que existan opiniones tan diferentes sobre la misma cosa?

Debemos darnos cuenta de que esta controversia no es una cuestión de verdad, sino de actitudes personales y evaluaciones subjetivas. Se enfrentan dos clases de personas, debido a sus diferentes actitudes. Una de ellas es la de la persona orientada científicamente. Su preocupación consiste en el conocimiento, en el descubrimiento de la verdad, y considera que la única manera de abordar el análisis filosófico es mediante una filosofía inspirada en el mismo espíritu que alienta en la investigación científica. La persona literaria es el otro tipo. Está interesada en los seres humanos, en la comprensión de las experiencias emocionales. El análisis objetivo de los problemas lógicos y epistemológicos le resulta extraño. Quienes atacan a la filosofía de la Naturaleza moderna y quisieran privarla de todo derecho a existir pertenecen al segundo grupo. Llamamos tipo literario a estas personas porque el escritor es su prototipo, pero podemos encontrarlas, con características menos destacadas entre gente de todas las profesiones, a veces, cosa bastante extraña, incluso entre físicos y matemáticos. Por lo menos, algunos representantes de estas disciplinas se enorgullecen de modo especial del enfoque literario que dan a los problemas filosóficos.

No pretendemos defender la idea de que sea superfluo o carezca de importancia el interés en comprender las emociones y experiencias humanas. Lo que estamos criticando es el intento del filósofo literario de transgredir los límites de su campo y rechazar una filosofía orientada científicamente. Queremos hacer notar que esta crítica no va dirigida contra la persona literaria en general. Afortunadamente, existen muchas personas, con visión de gran alcance, que reconocen la legitimidad de la aproximación científica y los límites de la suya propia. Sin embargo, la mayoría de las personas literarias son hostiles a la filosofía de la Naturaleza. No es meramente una cuestión de crítica. Por el contrario, constituye una filosofía de una clase muy peculiar, que presenta al mundo con la pretensión de que constituye la única

filosofía verdadera. Se debe considerar esta clase de filosofía como una superestructura racional basada en experiencias emocionales. Estos filósofos desarrollan una teoría del conocimiento, una concepción del ser, a veces una especie de cosmología incluso, todo lo cual está construido, evidentemente, sin consideración al análisis lógico y epistemológico. Su única finalidad es la de disfrazar actitudes emocionales mediante un sistema conceptual pseudocientífico. Puede ser que esta forma de poesía conceptual satisfaga emocionalmente a sus admiradores, del mismo modo que las creaciones teológicas y mitológicas han satisfecho a los creyentes durante miles de años, pero la tragedia de todos los defensores de esta manera de pensar es que no se dan cuenta de los límites de sus actividades; que consideran como conocimiento científico el lenguaje metafórico en el que describen sus experiencias emocionales y se atreven a enfrentarlo con la filosofía científica. Existen numerosos filósofos de todos los tiempos culpables de esta confusión de actitudes emocionales, a menudo religiosas, con el conocimiento teórico. El ejemplo más llamativo de esta confusión ha sido, quizá, el intento de construir una ética según el método geométrico. Incidentalmente, los principios de la ética de Espinosa rayan a gran altura; únicamente resulta inadecuado el método geométrico. En el terreno de la filosofía literaria no está tan de moda hoy dicho método y se eligen otros en su lugar, pero es evidente el carácter imaginativo de tal filosofía a pesar de su disfraz científico. Lo que se nos ofrece hoy como verdadera metafísica u ontología, incluso por escritores de grandes cualidades humanas, no es sino pseudociencia. ¿Qué sentido tiene decir que el ser está basado en la angustia, o que la negación y él no están relacionados con el fenómeno de la ansiedad? ¿Qué es esto sino una especie de música conceptual que refleja experiencias emocionales? Para el pensador de mentalidad científica semejantes afirmaciones están desprovistas de significado. Sin embargo, esta clase de filosofía es ampliamente celebrada por quienes esperan en vano que les facilite el conocimiento de la naturaleza del tiempo y del ser.

Aunque la filosofía de la Naturaleza moderna rehusa competir con la filosofía literaria no quiere calificar de insignificante la preocupación por los problemas emocionales o valorativos. Lo que repudiamos es la posibilidad de tratar científicamente tales problemas. Si se considera este asunto con más detenimiento se descubrirá que el desarrollo social moderno ha demostrado la inutilidad de estos intentos pseudofilosóficos. Ha resultado cada vez más evidente que los nuevos conocimientos decisivos sobre el significado de la vida, ya sean nuevas perspectivas sobre la sociedad humana, la relación entre los sexos, la educación de los niños

y los adolescentes, o la distribución del trabajo y el descanso en la vida cotidiana, son descubiertos no por filósofos especulativos, sino por gente de mentalidad práctica que descubre nuevos valores en sus actividades y es capaz de hacerlos aceptar por los demás a través del impacto de sus personalidades. Concretamente, es el alejamiento del proceso revolucionario social por parte del filósofo académico el que explica por qué tanto de lo que se dice en los círculos académicos sobre estos asuntos resulta extrañamente estéril y distante de la vida. Solamente del suelo de la actividad concreta pueden brotar nuevos valores de una clase nunca revelada por el análisis pseudocientífico de actitudes emocionales. Parece apropiado trazar un paralelo entre esta clase de filosofía y el desarrollo de la epistemología según lo hemos presentado. Vimos que los nuevos conocimientos lógicos y epistemológicos son productos, no del análisis de la razón pura, sino de la investigación científica. Podemos considerar el desarrollo de los valores éticos del hombre moderno desde un punto de vista similar. Bajo determinadas circunstancias, la acción constituye un camino mejor para el conocimiento que la contemplación, por lo menos en aquellos casos en que la contemplación queda prendida en las redes de un sistema pseudoepistemológico. Quien pretenda decir algo sobre el significado de la vida debe ponerse en guardia contra los análisis conceptuales. Hará mejor en convertirse en obrero de una fábrica, o profesor de una escuela, doctor en un hospital o miembro de cualquier movimiento social. Entonces tendrá algo que decir sobre los valores de nuestro tiempo. Pero debe renunciar a construcciones racionales, abandonándolas a la investigación teórica, a la investigación de los hechos desprovista de juicios valorativos que constituye en sí la filosofía científica.

Unicamente una delimitación claramente señalada del ámbito de la filosofía puede decidir la controversia sobre la naturaleza de la filosofía. Quienes acusan a la filosofía de la Naturaleza de descuidar intencionadamente las «últimas cuestiones» están pidiendo lo imposible: que la filosofía justifique juicios de valor mediante la construcción de sistemas racionales. La filosofía científica rechaza una labor tan irrazonable. Si se quiere despojarla del nombre de filosofía, porque se está convencido de que tradicionalmente toda filosofía se ha ocupado de modo explícito en justificar juicios de valor, se interpretan erróneamente todos los intentos filosóficos del pasado. Tendencias similares han existido siempre en la filosofía, pero el término «filosofía» designa un complejo que comprende tantas ideas que no puede restringirse a una finalidad sola. Parece que la búsqueda de la verdad ha sido una tendencia igual de poderosa, al menos, en la filosofía tradicional, y quizá

mucho más profunda, y que la filosofía tradicional se ha ocupado, asimismo, en descubrir las soluciones teóricas de ciertos problemas fundamentales de la Naturaleza y de la vida, ya sean sugiriendo cómo habían de formularse las preguntas de forma que tuvieran sentido, o bien contestándolas. Ciertamente, los grandes filósofos se ocuparon de esta labor y a ello deben su influencia histórica. En nuestra discusión sobre la filosofía de la Naturaleza moderna han surgido muchos problemas tradicionales. Mencionemos tan sólo los problemas de la naturaleza de la vida, del espacio y el tiempo, de las leyes empíricas, de nuestro conocimiento del mundo externo y de la libertad de la voluntad. Muchos problemas técnicos que ocupan hoy a la filosofía científica, tales como los relativos a la probabilidad y a la lógica simbólica, o los que tratan de los fenómenos psicológicos, derivaron de los problemas tradicionales. Si se considera la filosofía como un esfuerzo teórico hacia el análisis de los problemas cognoscitivos se puede juzgar la filosofía de la Naturaleza y sus conclusiones.

Sin embargo, una filosofía teórica así no necesita justificar su derecho a existir, aunque no pueda ofrecer una base directa para decisiones éticas prácticas. El conocimiento teórico tiene su valor por sí mismo. Satisface un impulso tan vital como cualquier otro. La persona exclusivamente literaria quizá no pueda nunca sentir esto. Sin embargo, resulta como un hombre ciego que hablara sobre colores cuando dice que las investigaciones epistemológicas y los métodos lógicos de análisis carecen de importancia y están alejados de la vida. La vida del científico está llena de estas materias y todos los que han tenido en algún tiempo los ojos abiertos a la filosofía han sentido la necesidad de elaborar métodos precisos. Los filósofos conocían esto hace incluso dos mil años —si se permite una observación histórica a un filósofo ahistórico— y trataron de dar respuestas a su manera, mediante sus instrumentos lógicos. Las respuestas que debemos encontrar hoy sólo pueden ser descubiertas mediante los instrumentos lógicos de nuestro tiempo, según han sido elaborados a través de los métodos científicos y matemáticos. Una aproximación al presente, una reorientación de la filosofía teórica enfocada en el presente, constituyen el método y finalidad de la filosofía.

El principio de la causalidad y la posibilidad de su confirmación empírica [1]

Observaciones preliminares:
El siguiente ensayo, escrito en Stuttgart en 1923, no pudo ser publicado entonces debido a circunstancias adversas. El manuscrito circuló entre un pequeño grupo de filósofos que estaban interesados en un análisis conceptual preciso de los problemas epistemológicos. Mientras tanto, ha tenido lugar un desarrollo en la mecánica cuántica, en el curso del cual ha sido aceptada la concepción del principio de causalidad expuesto por el autor. Además, las concepciones epistemológicas del apriorismo, convencionalismo y probabilismo, que se analizan en este ensayo, se ocupan de problemas que juegan un papel importante en la presente discusión epistemológica de la mecánica cuántica. Estos hechos me inducen a publicar el manuscrito sin alterar su forma, aunque algunas de las ideas en él sugeridas hayan sido elaboradas mientras tanto en otros trabajos míos. Por lo que respecta a estas últimas publicaciones remito al lector a la bibliografía de ERKENNTNIS, *vol. II, pág. 190, 1931.* [*Véanse los números 10, 15, 16, 39, 65, 67, 70, 81, 88 y 99 de la bibliografía, al final del presente volumen.*]

1. LA CAUSALIDAD COMO UN COMPLEJO DE PRINCIPIOS

La naturaleza problemática de la discusión sobre la causalidad se debe al hecho de que el término «causalidad» engloba un número de principios que, por lo general, no están suficientemente delimitados,

[1] Publicado por primera vez en alemán con el título "Die Kausalbehauptung und die Möglichkeit ihrer empirischen Nachprüfung", *Erkenntnis*, vol. III, núm. 1, 1932, págs. 32-64. Traducido y vuelto a imprimir por amable autorización del editor, Félix Meiner, Hamburgo.

aun cuando constituyan afirmaciones completamente distintas. Se podría casi decir que, en su forma más general, el principio de causalidad designa simplemente el método científico de ordenar determinados datos observables de una manera dada, conduciendo así a la afirmación de que existe cierta regularidad en la Naturaleza. En esta forma, que olvida los diversos modos de ordenar los datos científicos, la aserción no es accesible al análisis preciso. En consecuencia, todas las críticas del principio de causalidad han tratado de formularlo de una manera más exacta, con el resultado de que se han ocupado únicamente de *partes* del complejo y han pasado por alto el hecho de que su crítica podría hacer justicia a lo sumo a esas partes. El presente ensayo pretende analizar, asimismo, únicamente una *parte del complejo*, aunque quizá la más importante. Con objeto de evitar la idea errónea de que estas investigaciones agotan el contenido total del complejo, pasaremos primero una breve revista a los diversos principios subsumidos en el concepto de causalidad. Esta revista pondrá de manifiesto diferencias específicas entre ellos y la necesidad de tratarlos por separado. No pretendemos que la enumeración sea completa:

1) En primer lugar, el principio de causalidad afirma que los acontecimientos naturales están relacionados, o por lo menos que es posible relacionarlos de tal modo, que se pueden predecir acontecimientos *desconocidos* partiendo de los *conocidos*. La importancia práctica, así como la posición epistemológica única del principio de causalidad, descansa en este aserto que llamaremos principio *inductivo* de causalidad. La predictibilidad de acontecimientos *no observados* a partir de los *observados* constituye el problema central de la causalidad.

El procedimiento utilizado en este contexto depende de la existencia de *relaciones funcionales*. Se ha visto, por tanto, la base de la causalidad en la posibilidad de afirmar dichas relaciones. Esta idea es correcta, pero sólo si se añade que esas relaciones funcionales relacionan el estado *no observado* con el observado. Es evidente que se puede establecer una relación funcional entre acontecimientos observados, ya que constituye simplemente un problema de relacionar un número limitado de datos mediante una función aproximada [2]. Sin embargo, ocurre el peculiar resultado de que en los casos observados aparece siempre la *misma* función cuando los fenómenos presentan ciertas propiedades. Esta repetición sería irrelevante y no significaría sino un registro de experiencias subjetivas, a no ser por la inferencia de que la misma función

[2] Para un número limitado de datos puede establecerse siempre una función analítica que relacione los datos estrictamente y no sólo de una manera aproximada.

se aplica a *todos* los casos semejantes. El significado de esta inferencia resulta más claro si decimos que la misma función se aplica a todos los casos que *experimentaremos en el futuro*. Pero no tenemos por qué entrar en el aspecto subjetivo de la epistemología. Podemos interpretar que «todos» se refiere a acontecimientos nunca observados por nosotros y que existen objetivamente. Esta interpolación transforma el registro de experiencias subjetivas en una ley objetiva de los acontecimientos.

Sobre esta base se ha distinguido a veces la afirmación de que la causalidad ha sido siempre válida en el pasado de la afirmación de que continuará siéndolo en el futuro. Unicamente se ha llamado *inductiva* a la segunda afirmación. Esta distinción no es correcta. Puede tan sólo inferirse inductivamente, con igual motivo, que la causalidad ha existido en el pasado. Hemos observado simplemente que se ha satisfecho la misma función en todos los casos *experimentados*, pero esto no representa una afirmación sobre *todos* los acontecimientos pasados. La afirmación de que ha regido la causalidad en el pasado significa que los casos *no observados* del pasado han satisfecho la función. La línea de demarcación no se encuentra entre el pasado y el futuro, sino entre acontecimientos observados y no observados. Toda proposición sobre casos observados —las llamaremos *descripciones reproductivas*, en contraste con las *descripciones inductivas* (sección 4)— no puede considerarse, por tanto, como parte del principio de causalidad, ya que no dice nada sobre los acontecimientos objetivos, sino sólo sobre la estructura de los datos en los que basamos la afirmación sobre los acontecimientos. Esta es la razón por la cual no concebimos que una proposición acerca de datos observados sea paralela lógicamente al principio *inductivo* de causalidad.

La relación funcional surge de consideraciones puramente inductivas. En consecuencia, hablamos de un *principio inductivo de causalidad*. El término «principio de causalidad» puede expresar el hecho de que la inducción se lleve a efecto mediante una *relación funcional* que determina los acontecimientos no observados. El principio inductivo de causalidad dice que mediante una relación funcional se pueden predecir acontecimientos no observados partiendo de los observados, siendo indiferente que los primeros radiquen en el futuro, en el pasado, o sean simultáneos al acto de observación. El problema específico de la causalidad se origina en esta afirmación sobre acontecimientos no observados. ¿Puede comprobarse empíricamente el principio de causalidad, o tiene la afirmación un significado epistemológico distinto? El propósito de la presente investigación es el de responder a esta pregunta. A fin de

poderlo hacer, debemos efectuar primero una formulación rigurosa del principio inductivo de causalidad.

2) Además, el principio de causalidad sostiene que únicamente las «cosas» y «fuerzas» dotadas de existencia tienen relevancia en relación con el curso de los acontecimientos, y no la posición de éstos en el *espacio* y el *tiempo*. Ello equivale a negar la relevancia causal del espacio y el tiempo. En otras palabras: las coordenadas espacio y tiempo no aparecen *explícitamente* en las leyes de la Naturaleza. Aparecen a menudo implícitamente, por ejemplo, cuando se representa el movimiento de los cuerpos que caen como una función del tiempo. Pero las coordenadas espacio y tiempo pueden eliminarse siempre, transformando las proposiciones en leyes diferenciales. Esta afirmación pertenece a las propiedades del espacio más que a las de la causalidad. Sin embargo, se considera por muchos como inseparable del principio *inductivo* de causalidad (cf. sección 4).

3) El principio de causalidad mantiene frecuentemente que sólo se pueden extender los efectos mediante una propagación continua en el espacio. Un efecto que comienza en el punto espacial A, en el tiempo t no podrá ser observado, después de un tiempo t, fuera de una esfera cuyo centro sea A y r su radio; r aumenta continuamente conforme lo hace $\triangle t$, y $r = 0$, si $\triangle t = 0$. Esta ley se llama el *principio de acción por contacto;* se formula ocasionalmente, en relación con el principio inductivo de causalidad, de la siguiente manera: pueden calcularse respecto de todos los tiempos los acontecimientos en el interior del volumen finito V, si se conoce el estado en el interior de V mediante una sección transversal y el estado de la superficie de V en *todos* los tiempos [8].

Al expresar el principio de acción por contacto se asume que los efectos del exterior sólo pueden alcanzar a V a través de su superficie. Este principio se acepta en la física moderna. Está relacionado estrechamente con la transición a las leyes diferenciales y el concepto de campo. Sin embargo, constituiría un error creer que existe una *relación necesaria* entre este principio y el principio inductivo de causalidad, aun cuando se ha alegado que los acontecimientos dentro de V serían caóticos si todos los procesos externos tuvieran un efecto inmediato en el interior de V. Para superar esta dificultad bastaría con asumir que todo efecto disminuye en gran medida según aumenta la distancia desde su origen, y que no es necesario ningún intervalo finito de tiempo para

---

[8] Esta formulación ha sido hecha por M. SCHLICK, *Naturw.*, 8, 1920, páginas 461 y siguientes.

su propagación. En este caso, las influencias externas en V serían pequeñas si se comparasen con las internas y representarían sólo perturbaciones de menor grado. En estas circunstancias, el conocimiento de las condiciones de la superficie no sería ya necesario para un cálculo —esta condición expresa la violación del principio de acción por contacto—, sino que bastaría con el conocimiento de un volumen determinado alrededor de V para obtener cualquier exactitud de cálculo deseada, dentro de la estructura de afirmaciones de probabilidad. La teoría de la gravitación de Newton corresponde a una asunción similar. Puede quedar a salvo, incluso mediante asunciones completamente distintas, el carácter inductivo de una determinación de los acontecimientos dentro de V, ya que estos acontecimientos sólo pueden ser calculados en cualquier caso con probabilidad.

Puesto que se puede independizar el principio de acción por contacto del principio inductivo de causalidad, se puede comprobar empíricamente si se utiliza el principio inductivo para su confirmación. Es evidente, en consecuencia, que el principio de acción por contacto no es un presupuesto necesario del conocimiento.

Resulta equivocado inferir del principio de acción por contacto que debe existir un límite finito superior para todas las velocidades de propagación. Aunque la teoría de la relatividad afirma esto, no lo deriva del principio de acción por contacto, sino que lo basa en fundamentos empíricos no específicos. Del principio de acción por contacto sólo se puede inferir que cada efecto se propaga con una velocidad limitada, posiblemente sin un *límite* finito.

4) Por último, la causalidad afirma que existe un *orden temporal* en los acontecimientos. Este aserto ha originado mucha confusión debido a su formulación imprecisa. Se asoció primero con las conocidas paradojas de Zenón acerca de lo continuo y se llegó a la conclusión de que la ausencia temporal significaba simultaneidad en lo infinitesimal. Se dijo que la causa y el efecto ocurrían simultáneamente. Nos remitimos a los trabajos de Russell [4] para una explicación de estas paradojas, que no tienen relevancia en el problema de la causalidad. En segundo lugar, el orden temporal de la relación de causalidad se ha convertido en la fuente de las interpretaciones metafísicas y antropomórficas. Se ha considerado la causalidad como una misteriosa relación de «estar contenido uno dentro de otro» proyectada en el tiempo. Se dice que el efecto está contenido potencialmente en la causa; que emana y es

---

[4] Bertrand Russell, *Our Knowledge of the External World*, Lecturas V y VI, Londres, 1914.

realmente idéntico a ella. En resumen, algunos filósofos se vieron envueltos en oscuras construcciones conceptuales en vez de formular estructuras de orden. Otros filósofos, que rechazaban estos aderezos metafísicos, quisieron negar por completo el orden temporal de la causalidad y trataron de reducir la causalidad a la afirmación de una relación funcional, en el sentido del principio inductivo de causalidad. No advirtieron que, al obrar así, dejaban de lado una parte del principio de causalidad.

Podemos formular la proposición relativa al *orden temporal*, contenido en el principio de causalidad, de la siguiente manera: es posible asignar índices temporales *uniformes* a *todos* los acontecimientos naturales, de tal forma que la causa preceda siempre al efecto en el tiempo. La *secuencia temporal* se *define* por la relación de causa a efecto. Esta relación puede descubrirse basándose en determinados criterios. Comparando todas las relaciones de tiempo particulares obtenidas de este modo llegamos a una afirmación objetiva, encontrándose la importancia y valor práctico de este orden temporal en su consistencia total. Este es el sentido de la formulación dada. No es una condición necesaria, sino que depende de determinadas asunciones relativas a acontecimientos físicos, que pueden formularse como axiomas. La comprobación de si estos axiomas son correctos puede efectuarse empíricamente. Para una justificación de estas observaciones remito al lector a mi obra *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre*[5]. Puede así distinguirse la *afirmación del orden temporal* de la causalidad, del *principio inductivo de causalidad*. El que sea válida en la práctica es una cuestión de experiencia.

Advertimos ahora que los asertos 2-4 completan el principio inductivo de causalidad, pero no tienen una consideración independiente. Presuponen siempre el principio inductivo de causalidad. Por lo que se refiere a la posibilidad de confirmar empíricamente el principio de causalidad —de lo que trataremos en las secciones siguientes— únicamente importa el principio inductivo. En consecuencia, en la siguiente discusión hablaremos a menudo simplemente del principio de causalidad, aun cuando nos refiramos a su aspecto inductivo.

---

[5] Braunschweig, 1924.

2. EL DESCUBRIMIENTO DE LAS FUNCIONES REGULADORAS

Procederemos ahora a desarrollar una formulación rigurosa del principio inductivo de causalidad. Nos guiaremos por el procedimiento utilizado por los físicos para establecer una ley individual, quienes comienzan por formular una función, que mantienen primero como una hipótesis y comprueban después mediante experimentos. La hipótesis se considera verdadera o falsa según los experimentos proporcionen o no una confirmación cuantitativa.

Expresemos la función que ha de ser comprobada, de esta forma:

$$F_r\,(p_1 \ldots p_r), \tag{1}$$

en la que $p_1 \ldots p_r$ son los parámetros que caracterizan el proceso. Podemos concebir que esta función describe una superficie en el espacio r-dimensional de los parámetros $p_1 \ldots p_r$. Llamamos punto p en este espacio a un conjunto de valores $p_1 \ldots p_r$. Ahora queremos comparar la función con los datos de la experiencia. A este objeto tomamos conjuntos de valores correlativos observados $p^*_1 \ldots p^*_r$, a los que llamaremos *puntos observados* p^*, y comprobamos si esos puntos p^* se encuentran en la superficie Fr, esto es, si los conjuntos de valores $p^*_1 \ldots p^*_r$ satisfacen la condición (1). A la categoría de los puntos observados p^* se la llama categoría M.

La ley de los gases $p \cdot v = \dfrac{R}{m} \cdot T$, que puede ser expresada en la forma

$$F_r = \frac{p \cdot v \cdot m}{R \cdot T}\,1 = 0,$$

proporciona un ejemplo de una función que ha de ser comprobada. Los parámetros $p_1 \ldots p_r$ son las cinco magnitudes p, v, T, m y R. Si m y R se consideran constantes, Fr puede concebirse como una superficie en el espacio tridimensional de p, v, T. Los conjuntos de valores correlativos de estas medidas suministran un *punto observado* p^* en este espacio tridimensional. Surge el problema de si los puntos p^* se hallan en la superficie (1). El hecho de que ciertos parámetros sean constantes y no puedan ser alterados no origina dificultades. Se supone que este hecho se debe sólo a falta de medios técnicos y de conocimientos científicos. Podemos asumir que todas las constantes físicas se pueden representar como funciones de otras constantes. El problema es irrelevante en este contexto y nuestras siguientes consideraciones no se verán afectadas si aparecen constantes en los parámetros $p_1 \ldots p_r$. Incidental-

mente, en nuestro ejemplo, el peso molecular m puede variar si se utilizan otros gases.

La ecuación de Newton que describe la órbita de un planeta facilita otro ejemplo. Aquí aparecen las coordenadas espacio-tiempo entre los parámetros, pero este hecho contradice lo que describimos anteriormente como segunda afirmación contenida en el principio de causalidad, ya que estas coordenadas aparecen sólo implícitamente. Si el sistema solar se encuentra en un punto espacial distinto en un tiempo distinto, las coordenadas relativas tienen los mismos valores numéricos. Por tanto, podemos tratar las coordenadas relativas de la misma manera que los otros parámetros. Estrictamente hablando, no son coordenadas sino *distancias* espacio-temporales. Su papel es el mismo que el del parámetro *volumen* en la ley de los gases. Este parámetro es, asimismo, el resultado de medidas de distancias espaciales. Existen todavía más parámetros: la masa del Sol, la posición y velocidad iniciales del planeta y la constante gravitatoria. Normalmente, a estas magnitudes se las llama parámetros orbitales. Además de las coordenadas podemos alterar también los parámetros orbitales si tomamos en consideración otros planetas. En este ejemplo, en contraste con el anterior, no existen *experimentos*, tan sólo *observaciones*. Esto significa que no podemos establecer sistemas de valores arbitrarios $p_1 \ldots p_r$. Pero este hecho es irrelevante respecto del problema de la comparación del principio de causalidad.

Imaginemos ahora que se ha llevado a efecto la comprobación. No podemos esperar que todos los puntos p^* se encuentren exactamente en la superficie Fr, pero si la desviación es demasiado grande, modificaremos nuestra teoría. Asumamos que las desviaciones son considerables. Entonces podemos servirnos de dos métodos para cambiar nuestras hipótesis:

1) Asumimos que nuestros datos son falsos. Las magnitudes $p_1 \ldots p_r$, sin embargo, no se observan directamente, sino que se infieren, por lo general, de las indicaciones de los instrumentos de medida, mediante consideraciones teóricas, esto es, se derivan con la ayuda de funciones

$$p_i = P_i(q_1 \ldots q_m)$$

de otros datos $q_1 \ldots q_m$. El error, en consecuencia, pudiera encontrarse en las funciones P_i. Sin embargo, si se han utilizado funciones que están confirmadas en gran parte a través de observaciones frecuentes anteriores y la comprobación se ha llevado a efecto según el esquema descrito, consideraremos correctos los valores $p^*_1 \ldots p^*_r$.

2) Asumimos que la formulación (1) no describe adecuadamente el fenómeno observado y la sustituimos por

$$F'_{r+s}(p_1 \cdots p_r, p_{r+1} \cdots p_{r+s}) = 0 \qquad (2)$$

Llamamos *parámetros adicionales* a las magnitudes $p_r + 1 \ldots p_r + s$ que corresponden a las *otras causas relevantes*. Son variables y están determinadas de tal forma, para cada conjunto de valores $p^*_1 \ldots p^*_r$, que (2) resulta satisfecha con la exactitud deseada. Puede obtenerse también este resultado sin la introducción de parámetros adicionales mediante un cambio en la función F_r sola, pero se obtiene de una manera *mejor* utilizando parámetros adicionales, y, más adelante, haremos uso de la mayor adaptabilidad alcanzada de este modo. Los puntos p^* del espacio r-dimensional se hallan ahora dispersos en el espacio $r + s$-dimensional de los parámetros $p_1 \ldots p_r + s$. Dos puntos p^*, que anteriormente se encontraban cerca uno de otro, pueden aparecer ahora muy separados, debido a la diferencia de sus coordenadas $p_r + 1 \ldots p_r + s$. Esta es la razón por la que se puede efectuar más fácilmente la elección de una función sencilla F'_{r+s}.

Podemos establecer las siguientes condiciones respecto de F'_{r+s}.

(a) La superficie F'_{r+s} debe encontrarse en el espacio de los parámetros $p_1 \ldots p_{r+s}$ de tal modo que los *puntos observados* p^* *se hallen suficientemente cerca de la superficie.* Se requiere esta aproximación «en conjunto», esto es, se permiten desviaciones mayores de puntos individuales. Podemos requerir, por ejemplo, que la suma de los cuadrados de las distancias de los puntos p^* a la superficie, dividida por el número de p^*, se encuentre dentro de un intervalo dado de exactitud. En este sentido, pueden considerarse como variables los parámetros adicionales $p_{r+1} \ldots p_{r+s}$, esto es, podemos asumir valores específicos apropiados para cada conjunto de valores $p_1 \ldots p_r$.

(b) La función F'_{r+s} debe ser *la más sencilla* entre todas las que cumplan la condición *(a)*. No es posible definir con precisión el concepto de simplicidad, pero, no obstante, lo podemos aplicar con suficiente seguridad. La simplicidad se refiere a la forma matemática. Por ejemplo, una función lineal es más sencilla que una cuadrática, y una función con pocas oscilaciones, más que otra con muchas. A menudo se traza la curva más sencilla a través de una secuencia de puntos observados: Este es el concepto de simplicidad a que nos referimos. Más aún: una función F'_{r+s}, que necesita un número de parámetros adicionales menor, es más sencilla que otra.

(c) La función F'_{r+s} debe estar *justificada,* esto es, debe ser posible incorporar los parámetros adicionales a otras relaciones. Deben existir funciones

$$P_{r+i}(q_1 \ldots q_k) = p_{r+i} \qquad i = 1 \ldots s$$

y los valores especiales p^*_{r+i} que los parámetros p_{r+i} asumen ser relativos a $p^*_1 \ldots p^*_r$, deben relacionarse mediante las funciones p_{r+i} a los datos observables $q^*_1 \ldots q^*_k$, de los que se ha averiguado experimentalmente que pertenecen a los conjuntos de valores respectivos $p^*_1 \ldots p^*_r$. Las funciones P_{r+i} deben confirmarse empíricamente de la manera aquí descrita para la función F'_{r+s}.

Si no puede *justificarse* por completo la función F'_{+s}, por lo menos debe ser *plausible,* esto es, algunos de los requisitos *(c)* pueden ser sustituidos por otros menos rigurosos. Si no es posible determinar p^*_{r+i} cuantitativamente, debe justificarse al menos cualitativamente.

Estos tres requisitos están formulados de un modo bastante inexacto, pero determinan con suficiente precisión una función F'_{r+s}. La llamaremos *función reguladora de la categoría M.*

Podemos señalar la introducción de F'_{r+s} en nuestros ejemplos. En el primer ejemplo F'_{r+s} está representada por la ecuación de Van der Waal:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right) \cdot (v - b) = \frac{R}{m} \cdot T.$$

Satisface las condiciones *(a)* y *(b).* Los parámetros adicionales $p_{r+1} \cdots p_{r+s}$ son las constantes de Van der Waal, a y b; las relaciones p_{r+i} son las ecuaciones que conexionan estas constantes con la fuerza de atracción y el volumen efectivo de las moléculas de gas. Todavía más: estas relaciones explican el significado de los parámetros adicionales. De este modo se satisface la condición *(c).*

En el segundo ejemplo, F'_{r+s} está constituida por la ecuación orbital de Einstein, que conduce a una precesión del perihelio. Los parámetros adicionales son las magnitudes $g\mu\nu$; las relaciones p_{r+i} resultan de la conexión de $g\mu\nu$ con los rayos de luz, relojes y varillas de medir. La condición *(c)* se satisface también por el principio de equivalencia de Einstein. Respecto de la condición *(a),* debemos recordar que F'_{r+s} ha de proporcionar la precesión del perihelio observada, no sólo respecto de un planeta, sino de todos ellos. Debe ser aplicable a las distancias variables del Sol R. Esta condición no se cumple si se corrige la ley de Newton nada más que en el exponente, mientras que la ley de Einstein resulta adecuada.

Hemos descubierto ahora una ley F'_{r+s} mejorada, pero podemos preguntarnos si es correcta. Para responder a esta pregunta llevamos a cabo una comprobación experimental. Por observación determinamos más valores $p^*_1 \dots p^*_r$ y los comparamos con los valores calculados. Estos valores $p^*_1 \dots p^*_r$ deberán encontrarse en la misma categoría de valor que antes. De este modo, la categoría M de los valores observados p^* se extiende a la categoría M', que comprende los valores antiguos y nuevos. Ahora surge la pregunta decisiva: *¿constituye también la función F_{r+s} la función reguladora de la nueva categoría M', o conduce M' a una nueva función reguladora F''_{r+s+t}?* No se requiere un aumento de precisión para la condición *(a)*; los límites de exactitud continúan siendo los mismos. Sin embargo, es posible que los nuevos puntos p^*, puedan encontrarse demasiado alejados de la superficie F'_{r+s} en el espacio r-dimensional y estén así dispersos sin ninguna relación con la superficie, si los parámetros $p_{r+1} \dots p_{r+s}$ están coordinados con ellos según las leyes anteriores. En estas circunstancias, será necesaria la introducción de nuevos parámetros adicionales $p_{r+s+1} \dots$ $\dots p_{r+s+t}$ y de una nueva función F''_{r+s+t}.

Siempre es posible establecer una función según las condiciones *(a)* — *(c)*, ya que la categoría de los valores medidos p^* es *finita* y pueden utilizarse los nuevos parámetros para cumplir con la condición de simplicidad. El establecimiento de una función F'_{r+s} es compatible, por tanto, con *cualquier* resultado de las mediciones; la experiencia no puede denegarlo. Sin embargo, la respuesta a la pregunta anterior depende de la experiencia, por cuanto los nuevos puntos en M' pueden estar situados de tal manera que resulte indicada una función totalmente diferente.

En relación a nuestros ejemplos, la pregunta puede formularse así: Si se llevan a cabo mediciones posteriores de un gas, ¿coincidirán los nuevos valores determinados, dentro de la exactitud requerida, con la superficie determinada por p—v—T, de la ecuación de Van der Waal? ¿O proporcionarán una superficie completamente distinta, por ejemplo, con más puntos de inflexión? ¿Se ajustarán a la fórmula de Einstein con la exactitud anterior si efectuamos mediciones adicionales de los perihelios de los planetas? ¿O requerirán una nueva fórmula?

Podemos imaginar la continuación del procedimiento mediante la extensión de la categoría M' de los puntos observados p^* a una categoría M'', que comprenda nuevas observaciones además de las anteriores. Se puede entonces establecer la función reguladora de M''. Continuando así, llegamos a una *secuencia* de funciones reguladoras a la que llama-

remos *secuencia reguladora* de las categorías M, M', M''... Resultan dos clases de secuencias reguladoras según la contestación a nuestra pregunta

$$\text{I.} \quad F_r,\ F'_{r+s},\ F'_{r+s} \ldots \qquad F'_{r+s} \ldots$$
$$\text{II.} \quad F_r,\ F'_{r+s},\ F''_{r+s+t} \ldots \qquad F^{(i)}{}_{r+s+t+\ \ldots\ +w} \ldots$$

El núcleo del principio inductivo de causalidad está representado, evidentemente, por la afirmación de que la secuencia resultante es la I y no la II. Antes de entrar en un examen más detallado de esta afirmación queremos corregir nuestras consideraciones en un respecto. Puede objetarse que la forma de las secuencias I y II depende de la separación accidental entre observaciones futuras y pasadas. Sin embargo, esta circunstancia, que está relacionada con la persona del experimentador, no debe ejercer ninguna influencia, puesto que nuestro objeto es el de caracterizar un estado objetivo de hechos mediante los tipos de secuencia. Podemos eliminar esta influencia restringiendo nuestra afirmación a una secuencia observada y medida.

Imaginamos que se han llevado a cabo todas las medidas de los puntos p^* que integran la categoría $M^{(i)}$. Sólo ahora comenzamos la comprobación. Si tratásemos la categoría total $M^{(i)}$ como hicimos con la primera categoría M, pasaríamos directamente de F_r a $F^{(i)}\, r + s + t \ldots + w$ (o a la correspondiente función del tipo I), esto es, obtendríamos únicamente dos elementos de la secuencia. Por consiguiente, utilizamos otro método. Formamos todas las subcategorías de $M^{(i)}$ —resultará un número finito, puesto que $M^{(i)}$ es finito— y las ordenamos en una secuencia tal que un término anterior de dicha secuencia no contenga nunca más elementos que un término posterior; las subcategorías con un número igual de elementos se ordenan de modo arbitrario. Establecemos la función reguladora de cada categoría y ordenamos esas funciones según el orden de la categoría correspondiente. De este modo, la secuencia reguladora se define con independencia del observador, como una función del número de elementos de la categoría. La secuencia resultante puede, una vez más, ser del tipo I o II. Evidentemente, estas dos formas posibles constituyen una característica objetiva de los datos numéricos.

Este procedimiento nunca proporcionará secuencias del tipo I en forma pura. Las subcategorías que presenten «singularidades» facilitarán funciones reguladoras distintas, que se desviarán ocasionalmente de la secuencia, pero serán más frecuentes las funciones regulares, de modo que se puede reconocer fácilmente el tipo. Llamaremos a una secuencia así *secuencia reguladora completa*, en contraste con la *secuen-*

cia reguladora incompleta, que resulta si se deja al azar la elección de las categorías. Incluso esta selección al azar no tiene por qué ocurrir en la forma que hemos descrito, mediante cálculos y observaciones alternos. Es posible obtener primero todos los datos numéricos y seleccionar después las subcategorías M, M', M'' ... según las leyes del azar, por ejemplo, lanzando un dado.

Las secuencias I y II caracterizan un estado objetivo de hechos. Se advierte que el requisito de simplicidad ejerce una influencia decisiva. A él se debe únicamente el que las subcategorías M, M', M'' ... proporcionen funciones reguladoras *diferentes* de la facilitada por la categoría total $M^{(i)}$. La función reguladora $F^{(i)}{}_{r+s+t+\ \ldots\ +w}$, perteneciente a $M^{(i)}$, satisface las condiciones *(a)* y *(c)* en las subcategorías, pero en ocasiones no satisface la condición *(b)*. Ello se debe a que el tipo de función reguladora representa una característica objetiva de los acontecimientos físicos que se observan.

3. LA INFERENCIA DE PROBABILIDAD

Investiguemos ahora cuál de los dos tipos de secuencias, I o II, tiene lugar en el mundo físico, o, más bien, qué es lo que podemos decir acerca de este problema.

Nos encontramos aquí con una dificultad que no habíamos mencionado antes. La característica principal de las dos secuencias I y II es que constituyen formas de una secuencia *infinita*. Es posible que una sección inicial *finita* pueda ser la *misma* en ambos tipos y que la diferencia se manifieste únicamente en la secuencia de los muchos elementos siguientes hasta el infinito. La construcción de una secuencia basada en la experiencia siempre proporcionará, sin embargo, únicamente un número finito de elementos y, en consecuencia, no podemos saber *con certeza* cuál es el tipo representado. Si tenemos diez miembros de la forma II no podemos saber si los elementos presentarán la forma I, y viceversa. Nos encontramos, pues, con una dificultad fundamental de la física, que no existe en las matemáticas. En matemáticas podemos efectuar afirmaciones absolutamente ciertas sobre el carácter de una secuencia infinita, porque no necesitamos conocer para ello todos los elementos. Conocemos de este modo que la división de 367.895 por 1.233 conduce a una secuencia infinita de decimales, que se convierte en periódica a partir de un elemento determinado, mientras que, al calcular $\sqrt{2}$, obtenemos una secuencia infinita en la que, en lugar de períodos, aparecen continuamente nuevos grupos de números enteros.

Conocemos esto porque dichas secuencias se dan *intensionalmente*, esto es, todos sus elementos están determinados por cierta designación y, por consiguiente, pueden inferirse las propiedades de la secuencia de la naturaleza de las operaciones definitorias. En la interpretación de las secuencias I y II no disponemos de tales criterios, puesto que sólo pueden darse mediante una enumeración de sus elementos, esto es, *extensionalmente*. Aunque los tipos de secuencia I y II estén bien definidos conceptualmente y puedan distinguirse con precisión no podemos saber en la realidad qué tipo representan. Es posible, sin embargo, llegar a una decisión, si se admite que las afirmaciones de probabilidad tienen sentido.

Imaginemos que hemos establecido la secuencia reguladora de los experimentos relativos a la ley de los gases. Como sabemos —queremos adoptar el punto de vista ingenuo por un momento—, la ecuación de Van der Waal satisfará los experimentos, dentro de una cierta gama variable, con determinada exactitud. Obtendremos un número relativamente elevado de elementos según el tipo I. Aunque debamos interrumpir la frecuencia después de un número finito de elementos, diremos, sin embargo, que existe una gran *probabilidad* de que los elementos siguientes sean similares y se realice el tipo I. En todo caso, ésta es la clase de inferencia que se utiliza en la práctica.

Es, al mismo tiempo, la clase de inferencia utilizada para establecer una ley particular de la Naturaleza. Si queremos saber cuál es la ley que describe los experimentos llevados a cabo con el gas, inferimos de un número de elementos de la secuencia infinita que la función específica

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right) \cdot (v - b) = \frac{R}{M} \cdot T$$

es la ley deseada. Realizamos esta inferencia asumiendo que si pudiera construirse la secuencia *infinita* se obtendría esta función. De nuevo hemos de acudir a una inferencia de probabilidad.

Tendremos que investigar más tarde si pueden evitarse las inferencias de probabilidad admitiendo los principios *a priori*. De momento basaremos nuestras consideraciones en la asunción de que esta inferencia tiene sentido y es admisible, y trataremos de analizar con su ayuda el significado del principio de causalidad.

4. FORMULACIÓN DEL PRINCIPIO DE CAUSALIDAD

Cuando relacionamos mediante una función un conjunto de valores medidos podemos interpretar el resultado de dos maneras. Primero, la función puede describir simplemente los datos numéricos. Si $p^*_1 \ldots p^*_{r-1}$ representan los valores observados de los parámetros, la función F_r puede servir para calcular el valor p^*_r del último parámetro observado, perteneciente a este sistema. La función debe proporcionar el valor correcto de p^*_r dentro del intervalo de exactitud deseado, ya que se ajustaba a todos los puntos p^* observados. En este caso, la función no es sino una indicación alternativa del último parámetro. Pero, dado que este parámetro ha de ser *observado* primero por nosotros, al objeto de averiguar la función, no se gana nada construyendo dicha función; no llamaríamos una ley a esto. Si la función que relaciona el conjunto de puntos observados ha de tener este significado más amplio se requiere más de ella. Debe facilitar para cualesquiera valores *no observados* $p_1 \ldots p_{r-1}$ del parámetro, un valor *no observado* p_r, que se *hubiera descubierto* como perteneciente a él si se hubiesen observado los parámetros $p_1 \ldots p_{r-1}$. Unicamente una función así expresa una ley; únicamente esta función describe un *estado objetivo* y es independiente de los datos observables accidentales. Siempre que hablemos de causalidad se presupone esta interpretación de *ley*. Esta interpretación plantea el problema fundamental de la inducción: no podemos conocer lo que hubiéramos observado, sino sólo lo que *hemos* observado. Sin embargo, creemos que la interpretación anterior tiene sentido. Podemos verificar comprobaciones al azar calculando primero los valores de la función y realizando luego observaciones para comprobar si los valores observados corresponden a los calculados. Este procedimiento equivale a construir una secuencia reguladora. Pero sobre la base de tales comprobaciones al azar únicamente podemos decir si las comprobaciones *efectuadas* concuerdan, pero no si *todas las posibles* comprobaciones al azar lo harán. Si creemos, no obstante, que la confirmación frecuente basta para justificar la afirmación de probabilidad de que la función será *siempre* correcta, estamos aplicando la inferencia inductiva, de la que hemos dicho anteriormente que conduce a una confirmación del tipo de la secuencia. La afirmación de que nuestra función representa más que una mera *descripción* de los datos observables, que representa una *ley objetiva*, una *descripción de todas las observaciones posibles*, depende de la aplicación de una inferencia de probabilidad.

En consecuencia, una ley no es *una descripción de lo que se ob-*

serva, sino *de lo observable.* Distinguimos entre *descripción reproductiva* e *inductiva.* La primera es simplemente una reproducción de lo que se ha conocido mediante la observación, mientras que la segunda describe algo que, en gran medida, sólo se conoce en virtud de la descripción. La descripción inductiva se llama también *ley.*

Esta significación ampliada de *ley* es la razón por la que la secuencia reguladora no puede tener tan sólo un número finito de elementos. Consideramos la función reguladora como una ley de la Naturaleza sólo porque asumimos que permanecerá inalterable cuando la secuencia se amplíe a cualquier número de mediciones posteriores. El significado propio del principio de causalidad puede formularse, por tanto, de la manera siguiente: *la causalidad existe cuando la secuencia reguladora presenta el tipo I.*

Hasta ahora hemos construido las leyes físicas como funciones de los parámetros físicos $p_1 \ldots p_r$. Ahora tenemos que investigar si las coordenadas espacio y tiempo se encuentran entre los argumentos. Evidentemente, no se puede conocer de antemano si las medidas en el mismo sistema, en tiempos y sitios diferentes, proporcionarán los mismos resultados. En general, debemos esperar una función $F(p_1 \ldots p_r, x_1 \ldots x_4)$. Es posible, sin embargo, eliminar las coordenadas espacio y tiempo introduciendo funciones

$$\begin{aligned} p_{r+1} &= h_1(x_1 \ldots x_4) \\ &\vdots \qquad\qquad \vdots \\ p_{r+4} &= h_4(x_1 \ldots x_4) \end{aligned}$$

que caracterizan, en lugar de las coordenadas espacio y tiempo, ciertas magnitudes $p_{r+1} \ldots p_{r+4}$ determinantes de estados físicos. Las funciones $p_{r+1} \ldots p_{r+4}$ pueden considerarse como el ámbito del tiempo y el espacio; cualquier influencia sobre los acontecimientos físicos se adscribe a este ámbito, mientras que las coordenadas espacio-tiempo se eliminan de las leyes de la Naturaleza. Es una cuestión de gusto el que se prefiera este procedimiento, o que se desee mantenar las coordenadas espacio-tiempo explícitamente en las leyes. Sin embargo, la segunda propiedad de la causalidad, mencionada en la sección 1, puede obtenerse siempre, si existe en absoluto la causalidad, esto es, si la secuencia reguladora asume el tipo I. La independencia de las leyes de las coordenadas espacio-tiempo no constituye un principio empírico separado. El procedimiento anteriormente descrito, por el que se aumenta el número de parámetros p_1 hasta llegar a una secuencia reguladora del

tipo I, desembocará de cualquier modo en la eliminación de las coordenadas; se proseguirá automáticamente de esta forma hasta introducir también los parámetros $p_{r+1} \cdots p_{r+4}$ [6].

5. LA IMPORTANCIA DEL REQUISITO DE SIMPLICIDAD

Sugerimos al final de la sección 2 que el requisito de simplicidad tiene gran importancia para establecer la función reguladora; sin él no se determina la función de una manera única. Es bien conocido que la simplicidad desempeña un papel decisivo en la teoría de las leyes de la Naturaleza, y ahora nos encontramos en situación de explicar el requisito de simplicidad sobre la base de nuestras formulaciones.

En la sección 4 distinguimos entre *descripción reproductiva* e *inductiva*. El requisito de simplicidad puede predicarse incluso de descripciones reproductivas. Seleccionaría una entre las muchas descripciones posibles, determinando así la elección. La función obtenida de esta manera constituiría la descripción más simple. Llamamos a esta simplicidad *simplicidad descriptiva* y es característica de la *descripción* sola, no de *los objetos que se describen.* Cualquier otra función más complicada representaría del mismo modo los conjuntos de valores p^* observados, esto es, los objetos de la descripción. Podemos caracterizar también esta simplicidad como *economía lógica.* Existen casos en los que las teorías físicas hacen uso de la simplicidad descriptiva. En la teoría del espacio y el tiempo, por ejemplo, determina la elección de la geometría más sencilla [7]. En nuestro problema presente la simplicidad tiene una significación distinta. Vimos que la función reguladora se supone que es una ley, esto es, una *descripción inductiva* y no meramente *reproductiva.* Esta alegación se basa en la característica de la simplicidad. Cuando exigimos el requisito de simplicidad en la función reguladora, asumimos que es la función más sencilla que proporcionará una secuencia del tipo I. Esta simplicidad se llama *simplicidad inductiva* y no tiene nada que ver con la economía, pero se sostiene que conduce a leyes que rigen objetivamente.

Ilustremos la significación de la simplicidad inductiva. Puede darse un número de puntos medidos en un sistema plano de coordenadas.

---

[6] En este punto, el manuscrito original contenía detalladas investigaciones sobre la posible aparición de coordenadas en las leyes de la Naturaleza. Hemos omitido, en gracia a la brevedad, estos pasajes, cuyas conclusiones hemos resumido en el párrafo anterior.

[7] Compárese H. REICHENBACH, *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre,* Braunschweig, 1924. (En este libro distinguí por primera vez dos clases de simplicidad.)

Podemos relacionarlos mediante una curva sencilla y mediante otra complicada, que oscile varias veces entre dos puntos medidos vecinos. Si la última curva fuera la correcta, es decir, la curva donde han de encontrarse las medidas posteriores, los puntos medidos dados constituirían una selección excepcional, que no sería característica de esta curva, sino que sugeriría por casualidad un trazado más regular. Sin embargo, consideramos improbable que los puntos medidos representen una singularidad tal y consideramos la curva de trazado más sencillo como la más probable. En esta interpretación nos guiamos por una «corazonada» que influye considerablemente sobre nuestro pensamiento. Pero podemos formular esta idea también como una *hipótesis:* si existe una selección al azar de valores medidos es improbable que represente una selección excepcional. Esta afirmación es, ciertamente, una hipótesis, esto es, una asunción sobre la Naturaleza y no se refiere a una propiedad de la *descripción*. En esta formulación no hemos asumido que poseíamos la descripción correcta. En este caso, nuestra hipótesis es una asunción de que los valores medidos futuros se encontrarán en la curva. Por consiguiente, es también una hipótesis, y la misma hipótesis en forma diferente, de que para un número finito dado de valores medidos constituirá la curva más sencilla, en la que se encontrarán los futuros valores medidos.

Las consideraciones aplicables a la curva, en el sistema de coordenadas duodimensionales, se aplican correlativamente a la superficie en el espacio de los parámetros. Necesitamos primero el requisito de simplicidad a fin de establecer una función conexionante más allá de los datos observados, pues el simple requisito de aproximación admite muchas funciones hasta el infinito. Más aún: queremos llegar mediante este requisito a aquella función que corresponda a mediciones *futuras*. Podemos formular con más precisión lo que esperamos del requisito de simplicidad en relación con medidas futuras. La forma fundamental de la superficie está determinada esencialmente por el requisito de aproximación, esto es, por los puntos medidos. Necesitamos el requisito de simplicidad para poder interpolar y extrapolar: para determinar los valores *intermedios* de los parámetros y los valores exteriores cercanos de los parámetros. El requisito de la simplicidad constituye así la hipótesis de que la función deseada es la *más suave* (la que presenta la oscilación mínima) o de que *la superficie más suave es la más probable.* La hipótesis de probabilidad representada por el requisito de la simplicidad es, por tanto, una hipótesis de continuidad. Esta conclusión merece tenerse en cuenta, puesto que la continuidad desempeña un papel importante en la teoría de la probabilidad.

Las consideraciones anteriores nos ayudan a justificar la hipótesis de la simplicidad en términos de la teoría de la probabilidad. Si quisiéramos comprobar esta hipótesis empíricamente, tendríamos que proceder de la siguiente manera: deberíamos averiguar nuevos valores observados p^*, situados entre los antiguos, y establecer la función reguladora de esta categoría más amplia de valores. Si la hipótesis de la simplicidad es correcta, la función reguladora anterior, obtenida con su ayuda, debería servir también para esta categoría más amplia. Así, comprobamos la hipótesis de la simplicidad aumentando la densidad de los puntos observados. Son posibles dos resultados: o se obtiene el tipo I, o no. Si se obtiene, se confirma la hipótesis de la simplicidad. Podemos conocer *sólo con probabilidad* si resultará el tipo I; pero sabemos con certeza que si resulta, queda confirmada la hipótesis de la simplicidad. Si *no* resulta el tipo I, existen de nuevo dos casos posibles. El fracaso puede deberse a que la hipótesis de la causalidad no es válida; entonces sería imposible encontrar ninguna función continua que se aproximase al tipo I, incluso violando el requisito de simplicidad. Por otra parte, el fracaso puede deberse al requisito de simplicidad, y, si se abandonase este requisito y escogiese una función F más complicada (continua también), se obtendría una secuencia del tipo I. En el último caso, se deberían proseguir las observaciones. Según la asunción, los puntos satisfarán aproximadamente la función F. Se debe tener cuidado al ajustar los instrumentos o al elegir las observaciones, de tal manera que los puntos medidos se distribuyan del modo más uniforme posible sobre el espacio de los parámetros, de forma que la distancia entre dos puntos medidos sucesivos no sea en ninguna parte demasiado grande. Cuanto mayor sea el número de puntos observados menor será la distancia media entre ellos. Una vez establecidos suficientes puntos, la función F, debido a su continuidad, constituirá también la función más sencilla intercalada entre ellos y, desde entonces en adelante, el requisito de simplicidad será siempre satisfecho por la función reguladora. El fracaso del método debido al requisito de simplicidad resultaba del hecho de que, en el supuesto de una distribución uniforme de puntos observados, la categoría de los valores medidos era también pequeña. Resumiendo, podemos decir: *O no existen leyes causales continuas, o pueden ser obtenidas mediante el requisito de simplicidad.* Esta afirmación es válida con *certeza*, no sólo con *probabilidad*.

Los argumentos anteriores justifican el requisito de la simplicidad. Desde luego, no debemos inferir con certeza de este argumento que la función conexionante más sencilla corresponderá a resultados observables futuros, puesto que no podemos conocer si disponíamos del su-

ficiente número de puntos observados, o si, dentro del intervalo dado de exactitud, puede construirse una función continua basándose sólo en una categoría más amplia de puntos. Pero sabemos: si existe *cualquier* función que cumpla el requisito de aproximación *(a)* en todas las categorías $M^{(k)}$, $M^{(k)+1}$..., entonces la probabilidad de que esta función sea también la más simple en $M^{(k}$, según el requisito *(b)*, converge hacia 1 con k creciente. De esta conclusión se sigue la asunción de que la función más sencilla es, con toda probabilidad, la correcta. Si preferimos la función más sencilla entre todas las que relacionan los puntos observados lo hacemos basándonos en la inferencia de probabilidad de que un elemento con un número ordinal finito presenta el tipo a que pertenece la secuencia entera. En la presente sección se acepta sin prueba la inferencia de probabilidad.

6. LA CONCEPCIÓN APRIORÍSTICA DE LA CAUSALIDAD

Hemos formulado el principio de causalidad con la suficiente precisión como para entrar en una discusión crítica de algunas doctrinas filosóficas referentes al mismo. Es esencial a nuestra concepción de la causalidad la asunción de que las afirmaciones de probabilidad sobre una secuencia infinita sólo pueden formularse cuando se nos da un número finito de elementos de la secuencia. Esta asunción contiene la dificultad específica de la causalidad. Constituye la fuente de la gran variedad de interpretaciones del problema de la causalidad, ya que parece tan desconcertante cuando se la examina con más detenimiento que siempre se están llevando a cabo nuevos intentos de soslayar esta asunción. Podemos decir que la discusión científica del problema comenzó con el descubrimiento por Hume de esta dificultad [8]. Sin embargo, el tratamiento que de esta dificultad hizo Hume no tuvo éxito,

[8] El mérito de Hume consiste, en primer lugar, en haber demostrado que la inferencia inductiva no es *necesaria lógicamente*. Su descubrimiento de que la inferencia inductiva no es una inferencia de tipo lógico ha sido aceptado en la filosofía desde entonces. Existe otro punto en el cual el principio de causalidad no tiene una necesidad lógica. No es necesario lógicamente que la relación específica F rija entre los parámetros; podría regir igualmente una relación distinta F'. Si decimos que el principio de causalidad no es lógicamente necesario, estamos afirmando dos cosas: 1) No es lógicamente necesario que la regularidad descubierta en ciertas observaciones persista en todas las observaciones; 2) Una ley particular de la Naturaleza no es necesaria lógicamente (por ejemplo, no es lógicamente necesario que el calor dilate los cuerpos en lugar de contraerlos). Todavía más, Hume ha demostrado que la inferencia inductiva no puede justificarse por la experiencia. Si infiriéramos su validez del hecho de que ha sido válida en el pasado estaríamos efectuando otra inferencia inductiva.

puesto que su interpretación de la inferencia inductiva como un *hábito* no resuelve el problema. Posteriormente se han verificado dos importantes intentos a fin de eliminar la utilización de la inferencia inductiva. Analizaremos estos dos intentos, el apriorístico y el convencionalista, a la luz de nuestra formulación precisa del principio de causalidad,

La filosofía apriorística toma en cuenta también la secuencia reguladora infinita, pero rechaza la inferencia inductiva. Rehúsa inferir la naturaleza de la secuencia de un número finito de elementos establecidos empíricamente. Sin embargo, mantiene que podemos formular juicios sobre la estructura de la secuencia infinita por otros medios. La fuente de esos juicios se encuentra en la *intuición a priori*. Se alega que el principio de causalidad es necesario por motivos que pertenecen a la razón pura y que es imposible que la razón fracase en este punto. Estos filósofos consideran la causalidad como un principio autoevidente, aunque admiten que no es lógicamente necesario, y acuden al hecho de que la ciencia existe debido a la creencia con la causalidad. Esta justificación es del mismo tipo que la primera justificación de Kant de los juicios sintéticos *a priori* [9]. Según esta idea, el conocimiento relativo a la naturaleza de la secuencia infinita deriva de una fuente especial a la que llamaremos *intuición a priori*.

Una vez rechazada la inferencia inductiva, la filosofía apriorística puede mantenerse frente a toda experiencia posible. En este caso, es imposible cualquier refutación empírica de sus afirmaciones, puesto que las secuencias de los tipos I y II son infinitas. Si se descubre que un número de elementos de la secuencia reguladora corresponde al tipo II se puede esperar todavía que los elementos siguientes correspondan al tipo I. Es posible siempre buscar leyes causales que no hayan sido descubiertas todavía.

Incluso si concedemos de momento que puede rechazarse la inferencia de probabilidad, mantenemos, no obstante, que la *irrefutabilidad* resultante de la concepción apriorística no equivale a su *justificación*. Este argumento pasa por alto el hecho de que la afirmación de que «tal y tal tipo de secuencia son válidos» es siempre una declaración empírica. Si el tipo I *no* es válido en realidad, *nunca* se podrán encontrar leyes causales, por mucho que se investigue. Si se considera la causalidad como un *a priori* necesario, debe ser posible demostrar que es el tipo I y no el tipo II de secuencia el que es válido en el mundo físico. Si es imposible afirmar esto sobre una base empírica, debido al rechazo

---

[9] Véase H. REICHENBACH, *Relativitätstheorie und Erkenntnis apriori*, Berlín, 1920, pág. 106, n. 17.

de la inferencia inductiva, habrá que basar la justificación en otros fundamentos. Advertimos inmediatamente que ello no es posible. El tipo de secuencia reguladora depende de cómo se obtengan los valores medidos $p^*_1 \ldots p^*_r$, y la asunción de que la secuencia del tipo I es válida constituye una restricción de los posibles valores de las mediciones. La restricción indicaría que los elementos de la secuencia obedecen a una regla *intensional*, pero la secuencia sólo puede darse *extensionalmente*. Resulta de los valores medidos, y nadie puede conocer cuáles son los valores medidos que se obtendrán. Dado que es posible construir matemáticamente categorías M, M', M'', ... de forma que no s presente el tipo I en los valores intermedios correspondientes —cada categoría $M^{(i)}$ siguiente puede elegirse de modo que conduzca a una función reguladora diferente—, es posible que las categorías $M^{(i}$, obtenidas empíricamente, tengan una naturaleza irregular. La afirmación de que la causalidad es necesaria debido a la naturaleza de la razón pura significa que ésta influye en los valores de las mediciones. Sin embargo, nadie defendería seriamente esta posición.

Volvamos ahora al rechazo de la inferencia inductiva por los filósofos aprioristas. Podrían haber rechazado esta inferencia únicamente si pudieran evitarla en todo momento. Pero esto es imposible. Incluso si la evita nen relación con el principio *general* de causalidad, tienen que admitirla para establecer cualquier ley *particular*. Si queremos saber qué ley de la Naturaleza se aplica a un caso dado, digamos a los cambios de presión de los gases, únicamente podemos utilizar el procedimiento antes descrito para la formulación de la función reguladora. Tenemos que inferir de un número finito de elementos que la función resultante —la ecuación de Van der Waal, pongamos por caso— permanecerá inalterable respecto de todos los elementos siguientes. En este caso, los filósofos aprioristas deben admitir también la inferencia de probabilidad— ¿qué derecho tienen para rechazarla al establecer el principio general de causalidad?—. Aquellos filósofos que mantienen una concepción apriorística de la causalidad utilizan con frecuencia el siguiente argumento para defender el modo distinto en que tratan las leyes particulares y el principio general de causalidad. Sostienen que la inferencia inductiva referente a una ley particular está justificada sólo porque el principio general de causalidad es absolutamente cierto. Si esto fuera verdad, el principio general de causalidad no podría ser confirmado ni rechazado por la experiencia, ya que no existiría base para esta inferencia. Examinemos la alegación anterior.

Supongamos que hubiésemos construido la secuencia reguladora de

un caso dado y estuviésemos tratando de descubrir la ley particular correspondiente. ¿De qué nos serviría conocer con certeza que después de un elemento determinado $F^{(k)}$ de la secuencia la función reguladora sería la misma? Incluso si hubiésemos encontrado un número de elementos idénticos no sabríamos cuándo habíamos alcanzado el elemento $F^{(k)}$. Podríamos no haber llegado todavía a $F^{(k)}$ y los elementos haber cambiado una vez más. Nuestro conocimiento *a* priori de la existencia de tal elemento no facilita en absoluto la inferencia inductiva. Distingamos tres casos con objeto de aclarar estas consideraciones:

1) Es seguro que la secuencia no será del tipo I.
2) Es seguro que la secuencia será del tipo I.
3) Es inseguro si la secuencia será o no del tipo I.

En el primer caso, es inadmisible inferir ninguna ley particular. Por muchos elementos correspondientes al tipo I que hayan podido encontrarse, estamos seguros de que, en último término, llegaremos a una secuencia infinita de elementos que se desvían. El segundo y tercer caso no difieren uno del otro en su influjo sobre nuestra inferencia. El segundo no nos autoriza más que el tercero a inferir la existencia de una función *especial*. Podemos afirmar únicamente: si es posible establecer leyes de la naturaleza particulares, el que la causalidad *no* rija, *no puede* constituir un principio *a priori*. Sin embargo, no puede mantenerse la existencia de la causalidad como un principio *a priori;* esto representaría un grave error.

De este modo queda destruida la última defensa de la concepción apriorística de la causalidad. Esta concepción implica una afirmación que restringiría la posible conducta de la Naturaleza y, por tanto, no puede ser sostenida. La concepción apriorística no eliminaría incluso las dificultades que implica el descubrimiento de las leyes particulares de la Naturaleza mediante inferencias inductivas, puesto que no puede justificar tales inferencias. Así, debe abandonarse esta concepción.

7. LA CONCEPCIÓN CONVENCIONALISTA DE LA CAUSALIDAD

La concepción convencionalista representa una elaboración del punto de vista apriorístico. Sin embargo, no se basa en la idea de que los principios *a priori* tengan validez objetiva, sino en otra alegación de Kant de que son presupuestos necesarios del conocimiento [10]. Kant había tratado de demostrar la necesidad de los principios *a priori* man-

[10] He analizado con detalle estos dos aspectos de la filosofía de KANT en *Relativitätstheorie und Erkenntnis apriori*, Berlín, 1920, Secciones V y VI.

teniendo que son indispensables para el conocimiento. El convencionalismo ha aceptado la idea de que deben existir principios específicos compatibles con la totalidad de la experiencia, puesto que nosotros continuamos ordenando nuestras experiencias hasta que se satisfacen con esos principios.

Los filósofos convencionalistas llegan a la conclusión correcta de que estos principios pierden su carácter apodíctico, ya que no dicen nada sobre la realidad. Si esos principios son compatibles con *toda* experiencia, no dicen nada acerca del contenido de las experiencias, sino sólo sobre la manera de describir ese contenido. Desde el punto de vista epistemológico, estos principios resultan, por tanto, arbitrarios y vacíos.

Sin embargo, la afirmación convencionalista no resulta vacía en sí misma. Decir de un principio que es compatible con toda experiencia significa formular un juicio sintético, puesto que la aplicación continua de un principio a ciertas experiencias concebibles puede conducir, finalmente, a contradicciones. En todo caso, las contradicciones son posibles si se utiliza más de un principio, ya que dichos principios podrían entrar en conflicto al aplicarse a ciertas experiencias. Si se quiere adoptar la interpretación convencionalista de la causalidad es preciso averiguar primero si el principio de causalidad podría contradecirse o contradecir a otros principios, en relación con las experiencias concebibles.

La concepción convencionalista promete ser una solución acertada del problema de la causalidad según lo hemos formulado. Este problema consiste en predecir la estructura de una secuencia infinita. Vimos que este tipo de secuencia, si se da de algún modo, es *extensionalmente*, y, por consiguiente, carecemos de medios para inferir su estructura partiendo de su definición. Por ello, introducimos la inferencia de probabilidad, que tropieza con tanta resistencia. La concepción convencionalista ofrece un método especial para evitar la dificultad relacionada con la secuencia dada extensionalmente.

La secuencia se da extensionalmente sólo porque la hemos construido de esta manera. Definimos la función reguladora de tal modo que depende por completo de valores numéricos empíricos. ¿Estamos obligados a formular tal definición? ¿No es posible incluir en la definición de la función reguladora una prescripción que garantice que la secuencia resultante de las funciones reguladoras será del tipo I? Entonces, esta secuencia no estaría ya determinada puramente de una manera *extensional*, sino que en algunos aspectos estaría determinada *intensionalmente*, y podríamos formular con seguridad la afirmación deseada sobre la secuencia infinita, porque podríamos derivarla de la definición intensional de la secuencia.

El dogma fundamental del convencionalismo es el de explicar la confirmación continua de ciertos principios mediante la demostración de que esos principios se mantienen deliberadamente. A fin de aplicar esta idea al principio de causalidad necesitamos añadir tan sólo la condición siguiente a la definición de la función reguladora:

(d) Una vez establecida la función reguladora de una categoría $M^{(i)}$, según las condiciones *(a)—(c)*, esta función no debe cambiarse en las categorías siguientes $M^{(i+t)}$.

Si se satisface esta condición al establecer la función reguladora se desprende con certeza que la secuencia infinita será del tipo I.

Pero ahora tenemos que preguntar si el convencionalismo puede desarrollar esta condición sin entrar en contradicciones. ¿Podemos probar que para cualquier valor numérico dado el requisito *(d)* será compatible con los requisitos *(a)—(c)*? Este es el problema de la concepción convencionalista de la causalidad.

Supongamos dadas determinadas categorías M, M', M'' ... $M^{(i)}$ ... $M^{(i+t)}$ de valores medidos, y adoptemos el requisito *(d)*, esto es, que la función reguladora será la misma desde la categoría $M^{(i)}$ a la $M^{(i+t)}$. Si la función reguladora de $M^{(i)}$ se ha establecido según los requisitos *(a)—(c)*, no estamos seguros de si la misma función satisfará el requisito de aproximación respecto de $M^{(i+t)}$. Es posible que *(a)* y *(d)* se contradigan mutuamente. Podemos evitar la contradicción si establecemos primero la función reguladora de $M^{(i+t)}$ según *(a)—(c)* y retrocedemos entonces, utilizando la misma función para las categorías anteriores. En este caso, se satisface *(a)*, porque las categorías anteriores son subcategorías de $M^{(i+t)}$ y la función reguladora de $M^{(i+t)}$ aproxima también sus valores medidos. Pero entonces puede quebrantarse el requisito de simplicidad respecto de las categorías anteriores. El requisito *(d)* contradiría entonces *(a)* o *(b)*.

El requisito de aproximación es, ciertamente, el más importante, puesto que sin él no se puede llamar ley a la función resultante. Una afirmación de causalidad que contradiga el requisito de aproximación se contradice a sí misma. Sin embargo, no podemos prescindir tampoco del requisito de simplicidad, ya que constituye la base para asumir que la función resultante satisfará también el requisito de aproximación respecto de las categorías siguientes $M^{(i+t+k)}$, que no han sido dadas todavía. No podemos, pues, formular la predicción de probabilidad de que la función encuadrada en $M^{(i+t)}$, pero que viola el requisito de simplicidad respecto de $M^{(i)}$ ... $M^{(i+t-1)}$, puede mantenerse en mediciones futuras. Si creemos que esta inferencia de probabilidad está justificada

tenemos que comprobarla formando categorías adicionales $M^{(i+t+k)}$. Si resultase incumplido el requisito de aproximación cambiaríamos la función de nuevo y la mantendríamos de aquí en adelante según el requisito *(d)*. Pero todavía no sabemos si llegaríamos alguna vez a una función invariable mediante este método. La regla intensional *(d)* no nos sirve de ayuda, puesto que no sabemos si contradirá o no el requisito de aproximación al efectuar nuevas medidas. Al no podernos garantizar una secuencia del tipo I no nos autoriza a eliminar la inferencia de probabilidad. Sin embargo, si admitimos esta inferencia podemos llegar a inferir de la violación del requisito de simplicidad en las subcategorías $M^{(i)} \ldots M^{(i+t-1)}$ que las medidas futuras contradirán probablemente el requisito *(a)*.

Estas son las razones del fracaso del intento convencionalista de justificar la causalidad como principio necesario del conocimiento, sin utilizar una inferencia inductiva para determinar el tipo de la secuencia. El principio de causalidad constituye una afirmación restrictiva acerca del comportamiento de los fenómenos físicos, y puede, por tanto, encontrar contradicciones. Esta *posibilidad* no puede eliminarse rechazando la inferencia inductiva. Por el contrario, dependemos de la inferencia inductiva para establecer que el principio de causalidad es válido.

8. LA CONCEPCIÓN PROBABILISTA DE LA CAUSALIDAD

Llamaremos probabilista a la concepción de la causalidad que hemos desarrollado en la presente investigación, en contraste con las concepciones aprioristas y convencionalistas. Según la interpretación probabilista, el principio de causalidad es una afirmación objetiva sobre el mundo físico, y es posible determinar si tiene vigencia mediante una inferencia de probabilidad basada en observaciones.

La filosofía empírica sostiene que esta determinación se basa en la experiencia. Este punto de vista se defiende normalmente de la siguiente manera: advertimos que determinadas leyes son válidas en casos *particulares*, e inferimos que dichas leyes serán válidas en *todos* los casos. Esta inferencia es una inferencia inductiva y, por consiguiente, no es segura. Son posibles excepciones al principio de causalidad. Unicamente con gran probabilidad podemos inferir que la causalidad está vigente siempre y en todas partes.

Sin embargo, estas consideraciones no resuelven el problema. El principal problema respecto del principio de causalidad no es la afirmación de que sea válido para *todos* los fenómenos. Surge antes el problema

inductivo, a saber, en relación con cada determinación específica de la causalidad, por ejemplo, en relación con la determinación de la ley de los gases. El que la causalidad esté vigente en un caso específico sólo puede ser decidido en último término investigando dicho caso. Si la causalidad rige en otros casos la probabilidad de que rija en el caso específico que se considera *aumenta* simplemente, pero esta probabilidad debe determinarse inicialmente sobre la base de la función reguladora relevante. El aumento de probabilidad debido a otros casos no es muy grande, porque pueden intervenir circunstancias especiales en el caso específico. Si la probabilidad de que la causalidad estuviese vigente en un caso específico no pudiera establecerse independientemente, por lo menos en un caso, no podría aumentar recurriendo a otros casos. Este requisito presupone que se ha determinado en estos otros casos la probabilidad de que la causalidad esté vigente.

La inferencia correcta presenta esta forma: dado que hemos observado que la misma función regula un número finito de observaciones, concluimos que regula *todas* las observaciones. Los presupuestos de esta inferencia no son que la causalidad esté vigente en determinados casos, esto es, que sea cierta una descripción *inductiva*, sino sólo que una descripción *reproductiva* manifiesta regularidad. Esta inferencia puede efectuarse por separado, respecto de cada fenómeno particular, sin considerar su resultado en otros casos. Mediante esta sola inferencia llegamos a una decisión relativa al caso dado.

Recordemos el espacio de los parámetros en el que se han establecido los puntos p^*_i observados. Al construir la función reguladora F afirmamos que otros puntos p^*_i, determinados por F, sobre la base de los puntos p^*_i, se *medirían* si observásemos los estados correspondientes. Debemos distinguir dos afirmaciones:

(a) Estos otros puntos son los puntos p_i.

(b) Es posible determinar esos otros puntos sobre la base de los p^*_i.

La afirmación *(a)* representa la *formulación de una ley particular* y la *(b) la formulación general de la causalidad en el caso concreto.* Podemos formular estas dos proposiciones de una forma distinta si asumimos que se ha establecido la secuencia reguladora, cuyo último elemento realmente determinado es F:

(a) F es el elemento de la secuencia a partir del cual todos los elementos permanecen iguales.

(b) Existe un elemento de la secuencia a partir del cual todos los elementos permanecen iguales.

Ahora podemos investigar la probabilidad de que estas afirmaciones

sean verdaderas. Llamaremos a estas probabilidades $P(a)$ y $P(b)$, respectivamente [11].

$$P(b) \geqq P(a) \tag{1}$$

Entonces tenemos que $P(b) < P(a)$ queda excluido, porque (b) se deriva de (a). Si (a) es cierto, entonces (b) es cierto siempre, y, por consiguiente, la probabilidad de (b) no es menor que la de (a). ¿Cómo se determinan $P(a)$ y $P(b)$? No queremos calcular estas probabilidades con precisión. Sabemos, sin embargo, que dependen del número de elementos de la secuencia reguladora que se ha determinado, y de cuántos de ellos son iguales. Cuanto mayor sea el número de elementos idénticos, mayores serán las probabilidades $P(a)$ y $P(b)$. Si para la determinación de (b) consideramos únicamente los elementos de la secuencia reguladora establecidos, entonces $P(b) = P(a)$. Pero podemos inferir con gran probabilidad de otras experiencias en las que $P(a)$ es alta, que la secuencia será del tipo I, aunque los elementos establecidos de momento no presentan este tipo y, por tanto, $P(b) > P(a)$. La afirmación de que $P(b)$ es mayor que $P(a)$ expresa la idea empírica de que podemos inferir del hecho de que la causalidad rija en otros casos, que rige en un caso dado. Ahora bien, esta afirmación agota el significado de la inferencia. $P(b)$ está determinada en gran medida por $P(a)$ y cuando $P(a)$ es baja lo es también $P(b)$. Si $P(b)$ es baja, decimos que la causalidad no rige en este caso.

Las concepciones apriorista y convencionalista determinan $P(a)$ de la misma manera que lo hacemos nosotros, pero sostienen que $P(b) = 1$, alegando que (b) es cierto con toda seguridad. Sin embargo, esta alegación es incorrecta, porque $P(b)$ se determina esencialmente por los elementos observados iniciales de la secuencia reguladora. Si se admite en $P(a)$ una inferencia de probabilidad partiendo de los elementos observados, debe admitirse también en $P(b)$. La afirmación

$$P(b) < 1. \tag{2}$$

caracteriza la concepción probabilista de la causalidad. Hacemos nuestra la idea fundamental, expresada incorrectamente por la concepción apriorista, de que la certeza de la afirmación general de causalidad constituye un presupuesto necesario para la confirmación inductiva de cada ley particular, y la formulamos adecuadamente mediante la desigualdad (1).

---

[11] Según mis recientes notas sobre la probabilidad *(Math-Zs.*, 34, 1932, pág. 568), debieran de haberse establecido dos argumentos para cada una de estas afirmaciones de probabilidad, ya que la probabilidad es una relación, pero esta consideración es irrelevante respecto del problema que estamos tratando.

Si inferimos en un caso particular en que $P(b)$ es pequeña, que la causalidad *no* rige, damos por supuesto que la causalidad rige en *otros* casos. Al considerar correctos los puntos observados p^* presuponemos la causalidad en la relación de los puntos p_1 con los valores medidos dados q_k, esto es, hemos realizado la inferencia inductiva de que las funciones $P_1(q_1 \ldots q_k)$ son válidas (cf. sección 2). Esta asunción no implica una contradicción. Es posible que la causalidad rija en determinados fenómenos y no en otros. La afirmación de que la causalidad está vigente en determinados casos puede llevar a la inferencia de que *no* está vigente en otros.

Inferimos $P(b)$ mediante la inferencia de probabilidad, caracterizada en la sección 3. De momento parece imposible justificar esta inferencia, aunque no podemos prescindir de ella. Las otras concepciones de la causalidad tampoco pueden evitarla, puesto que la necesitan para la determinación de $P(a)$. Más aún: señalamos en la sección 6 que la inferencia de probabilidad relativa a $P(a)$ no puede ser eliminada estableciendo que $P(b) = 1$. Por consiguiente, la afirmación sobre $P(b)$ está fundada de igual modo que la relativa a $P(a)$. Parece que la concepción de la causalidad aquí expuesta tiene los mismos fundamentos que la inferencia de probabilidad. Aun cuando no se haya explicado dicha inferencia con suficiente claridad, se nos ofrece como el mejor medio de formular afirmaciones sobre la realidad. Sin ella apenas podríamos establecer una sola ley de la Naturaleza.

La inferencia inductiva tiene una generalidad mayor que el principio de causalidad. Esta conclusión deriva del hecho de que utilizamos esta inferencia para determinar si la causalidad está vigente. Por otra parte, la inferencia inductiva se utiliza también para la determinación de las leyes estadísticas. Las dos formas de leyes, causales y estadísticas, deben considerarse como formas de una afirmación más general, que trata de la existencia de leyes de probabilidad en el mundo físico [12].

Las diferentes formas de probabilidad demuestran que la causalidad no ocupa la posición central que la filosofía tradicional había señalado.

---

[12] El párrafo anterior constituye el resumen de una discusión más larga en el manuscrito original, que hemos omitido en gracia a la brevedad. Añadamos la siguiente aclaración: según las consideraciones anteriores, la distinción entre las dos clases de leyes debe interpretarse de tal modo que la ley estadística se pueda aplicar, incluso si la secuencia es del tipo II, esto es, si no rige la causalidad. Según nuestro examen, el establecimiento de una función del tipo I representa el método de predecir con gran probabilidad la aparición de cada elemento particular de la secuencia. Si no es posible tal predicción, porque la secuencia reguladora es del tipo II, existe un método alternativo para transformar la *poca* probabilidad de aparición de un determinado caso en una probabilidad *mayor*. Este método consiste en utilizar un gran nú-

En la física moderna las leyes estadísticas han adquirido la misma importancia que las causales y su aplicación práctica no es menor que la de éstas. Por consiguiente, no es imposible que algún día la física se encuentre ante fenómenos que la obliguen a abandonar la causalidad. Sabemos que las leyes causales se vuelven cada vez más complicadas conforme vamos exigiendo una precisión cada vez mayor y parece que el microcosmos es mucho más intrincado que el macrocosmos. Se podrían explicar algunas leyes causales del macrocosmos como leyes estadísticas del microcosmos y, si bien ciertas leyes causales pudieran ser utilizadas en dimensiones atómicas, no parece posible describir procesos atómicos con su sola ayuda. Quizá este resultado indique que la causalidad no rige por completo en el microcosmos. Sería prematuro, ciertamente, formular ninguna afirmación definida. Sin embargo, si la física no puede resolver el problema de los quanta de una forma diferente, no debe ser obstruida por la creencia en la existencia necesaria de la causalidad. En principio es posible determinar, sobre la base de la experiencia, si la causalidad está vigente.

---

mero de casos, partiendo desde el caso particular a una multitud de casos mediante la estadística. Pueden existir dos razones para la introducción de leyes estadísticas: o no es posible determinar una función de tipo I por *razones prácticas*, esto es, es imposible establecer una gran probabilidad en el caso particular (como en la interpretación clásica de la teoría cinética de los gases), o es imposible, *en principio*, determinar una función del tipo I, porque la secuencia reguladora es del tipo II (como en la mecánica cuántica).

Racionalismo y empirismo. Investigación sobre los orígenes del error filosófico [1]

Este ensayo constituye el discurso presidencial en la Veintiuna Conferencia anual de la Sección del Pacífico, de la Asociación Americana de Filosofía, en la Universidad de California, en Los Angeles, el 30 de diciembre de 1947. Las ideas aquí expuestas dieron origen al libro del autor El surgimiento de la filosofía científica.

Me preguntaréis por qué quiero hablar sobre el racionalismo y el empirismo a profesores de Filosofía. Cada uno de nosotros ha explicado bastante a menudo a sus estudiantes qué es el racionalismo y el empirismo; así, pues, ¿por qué volver a la antigua cuestión de nuevo?

Permitidme que responda que el mismo hecho de nuestra profesión común es el que me conduce a tratar un tema tan viejo como la historia de la filosofía. Todo el que ha enseñado historia de la filosofía, y lo hiciera con más o menos entusiasmo, conoce el sentimiento de insatisfacción con el que a menudo regresó a su casa después de las clases. La historia del esfuerzo humano para orientarse en el mundo del conocimiento; del poder del pensamiento abstracto y de las construcciones intelectuales demasiado alejadas de la evidencia concreta para ser aceptables; de las observaciones de profunda sabiduría y de las oscuras formulaciones que nadie ha sido capaz de traducir a un lenguaje comprensible; de tanto talento y genio, y tan pocas conclusiones comunes —esta historia de intentos siempre renovados, pero nunca de éxitos duraderos—, todo esto ¿para qué?, ¿por qué debemos enseñarlo si no existe ningún resultado ni verdad reconocida?

Se ha sugerido una interpretación, según la cual la diversidad de sistemas no responde, en último término, a una diversidad de opiniones.

---

[1] Reimpreso de *The Philosophical Review*, vol. LVII, núm. 4, julio de 1948, por amable autorización de los editores.

Todos los sistemas filosóficos, se ha dicho, significan lo mismo; no son sino lenguajes diferentes, que revelan la misma sabiduría, simplemente en distintas versiones. No pienso que esta interpretación relativista de su historia rinda un gran servicio a la filosofía. El atenuar diferencias mediante el sistema de leer en libros filosóficos opuestas opiniones que puedan adaptarse mutuamente no estimula la investigación filosófica. Las contradicciones de los sistemas son demasiado evidentes y aprovecharemos más del estudio de los sistemas históricos tratando de explicar sus errores que tratando de suprimirlos. El filósofo del siglo XX debería encontrarse a la suficiente distancia intelectual de las construcciones de sus predecesores como para ser capaz de una crítica objetiva y debería tener el valor de decir cuál es el fallo de la filosofía, ya que es evidente que la filosofía ha sido incapaz de desarrollar una doctrina común que pueda ser enseñada a los discípulos con el consentimiento general de todos los que enseñan filosofía.

Quienes de entre nosotros hayan enseñado alguna de las ciencias conocerán lo que significa la enseñanza que tiene una base común. Las ciencias han desarrollado un cuerpo general de conocimientos reconocido universalmente, y quien enseña una ciencia lo hace con el sentimiento de orgullo de introducir a sus estudiantes a un terreno de verdades bien establecidas. ¿Por qué debe renunciar el filósofo a la enseñanza de una verdad establecida? ¿Por qué debe cualificar todas sus enseñanzas con la cláusula «según la idea del filósofo X», y restringir su objetividad a la exposición de lo que era la idea del filósofo X? Dicho sea de paso, ni siquiera esta exposición puede llevarse a cabo con el asenso general, puesto que la interpretación de los sistemas filosóficos no es sino otro campo de desacuerdos. Imaginemos a un científico que fuera a enseñar electrónica mediante un examen de las ideas de los distintos físicos, sin decir nunca a sus discípulos cuáles *son* las leyes que regulan los electrones. Esta imagen parece ridícula. Aunque el físico menciona la historia de su campo de trabajo, las ideas de los físicos particulares se presentan como contribuciones a un resultado común, establecido con validez suprapersonal y aceptado universalmente. ¿Por qué debe renunciar el filósofo a una filosofía aceptada generalmente?

Ayudará a controlar la diversidad de opiniones el volver a considerar la historia de la filosofía con los ojos de la crítica. Si los filósofos han producido una multitud de sistemas contradictorios, todos menos uno deben estar equivocados. La historia de la filosofía debería incluir, por consiguiente, una historia de los errores de los filósofos. Al revelar las fuentes de los errores, la investigación histórica contribuirá a la verdad.

Con este programa en la mente me gustaría volver a considerar los temas del racionalismo y el empirismo. Creo que el estudio de esta controversia histórica revela una de las causas fundamentales del error filosófico, y que merece la pena abordar este estudio en una conferencia de una Asociación filosófica.

Las primeras formulaciones, tanto del racionalismo como del empirismo, en cuanto sistemas filosóficos, se encuentran en la filosofía griega. Mientras que el empirismo parece ser una forma algo anterior, fue el racionalismo el que dio fama a la filosofía griega, ya que debe considerarse el período clásico, simbolizado por los nombres de Sócrates, Platón y Aristóteles, como el representante del racionalismo filosófico. Esta observación parecerá justificada si digo que por racionalismo entiendo una filosofía que coloca a la razón por encima de las observaciones sensoriales, o que considera la razón como una fuente de conocimiento independiente y superior a la observación empírica.

Parece que no existen dudas de que el origen de la postura racionalista en la filosofía griega radicó en el éxito del método deductivo en las matemáticas, especialmente en la geometría. Lo que en manos de los egipcios había sido un sistema de reglas prácticas, utilizadas por los agrimensores y arquitectos, se convirtió en una ciencia deductiva mediante la agudeza de la mente griega. La geometría en cuanto ciencia deductiva es un descubrimiento de los griegos. No resulta difícil imaginar la transición que debió ocurrir en aquel tiempo en la concepción griega del conocimiento. Se demostró por primera vez la posibilidad de un conocimiento derivado de la sola razón. Lo que hacía a este conocimiento superior al conocimiento empírico era su precisión y seguridad.

Por otra parte, este conocimiento no estaba vacío, evidentemente: controlaba la realidad física, puesto que permitía predecir al matemático relaciones geométricas que podían ser verificadas mediante mediciones reales. La utilidad práctica de la geometría es para el filósofo una prueba de su naturaleza descriptiva del mundo físico. Así se establecieron los fundamentos de una concepción de las matemáticas para la cual acuñó Kant posteriormente el nombre de juicios *sintéticos a priori*. Se descubrió que las matemáticas proporcionaban las llaves que abren las puertas de los secretos de la realidad física. Comparada con el poder del pensamiento abstracto, la contribución de la observación al conocimiento parecía una adición insignificante. El racionalismo filosófico surgió del descubrimiento de que la razón puede ser utilizada para controlar la observación empírica; que los datos observados por los sentidos pueden ser ordenados en un sistema, en términos del cual pueden predecirse observaciones futuras.

Debemos tener presente esta situación histórica si queremos comprender la teoría de las ideas de Platón. Vista con los ojos del lógico moderno, la teoría parece absurda, increíblemente complicada, e inadecuada para resolver el problema del conocimiento. Pero a Platón le parecía la solución del problema del conocimiento matemático. El descubrimiento de las leyes matemáticas lo concebía de modo análogo a la observación empírica: a través de los ojos de la mente vemos las propiedades de los objetos ideales, de la misma manera que, con los ojos empíricos, vemos las de los objetos empíricos. Puesto que las leyes de los objetos ideales controlan el comportamiento de los objetos empíricos, los objetos ideales deben poseer una forma de realidad superior, que no se refleja sino incompletamente en los objetos observables.

El lógico argüirá que éste es un lenguaje metafórico en lugar de una explicación. Lo es; pero ¿qué puede esperarse de una filosofía que se enfrenta por primera vez con el enigma de la coincidencia entre la razón y la realidad? Filosofías posteriores han tratado de responder a esta pregunta hablando de una armonía preestablecida, o construyendo una lógica trascendental, según la cual la mente contribuye a la experiencia con presupuestos necesarios. Estas filosofías pueden representar mejores concreciones del problema, pero yo no pienso que sean tampoco soluciones. La filosofía de Kant en particular, aun teniendo en cuenta su alegación de que presenta una solución, al fundir el racionalismo y el empirismo en una síntesis superior, aparece al ojo crítico como un racionalismo en su más pura forma, sin ningún injerto de empirismo. Ningún racionalista ha negado nunca el hecho de que la observación sensorial contribuya de un modo práctico al conocimiento, y el que Kant admita tales contribuciones no hace de él un empirista. Lo que distingue al racionalista del empirista es la doctrina de que existen algunas verdades fundamentales que controlan la realidad física, las cuales sólo pueden ser descubiertas mediante la razón, y sólo mediante la razón. Este es el contenido esencial de la filosofía de Kant. El gran mérito de Kant es el de haber formulado el problema con mayor claridad que cualquiera de sus predecesores, en su teoría de los juicios sintéticos *a priori*. Nadie que haya estudiado el desarrollo de las ciencias matemáticas en el siglo y medio que ha transcurrido desde la muerte de Kant admitirá que él resolvió el problema.

Dije que los problemas del racionalismo derivan del estudio de la naturaleza del conocimiento matemático. Tengo que añadir que se multiplican inmensamente debido a una extensión del concepto del conocimiento, originada en la misma fuente. Una vez más tenemos que retroceder hasta Platón para averiguar la causa de esta extensión. Todo

conocimiento es, en último término, para Platón, conocimiento matemático. Un conocimiento del mundo físico que no ha asumido todavía la forma matemática no es, para Platón, conocimiento auténtico. Constituye una opinión, útil a fines prácticos, pero tiene que esperar a su transformación en matemáticas antes de que pueda alegar que merece el calificativo de verdad.

Es esta extensión la que ha hecho que el racionalismo resulte tan peligroso para las ciencias empíricas. De aquí deriva la depreciación de la observación empírica; el menosprecio del uso de los sentidos para averiguar la verdad; la actitud de una filosofía que encontró su caricatura en determinados períodos de la Edad Media, cuando hombres cultos trataron de resolver problemas físicos mediante el estudio de los libros de Aristóteles, en lugar de observar los fenómenos físicos.

El sentido peyorativo de la palabra «empírico», que sobrevive en frases tales como «escuela empírica de medicina», atestigua la distorsión racionalista de la naturaleza del conocimiento. Después de dos mil años de dominio en los sistemas filosóficos esta extensión racionalista encontró una vez más su formulación clásica en la filosofía de lo sintético *a priori* de Kant, con su extensión del carácter sintético *a priori* a los fundamentos de la física. Los «fundamentos metafísicos de la ciencia» reflejan el dominio de una concepción racionalista del conocimiento, en un tiempo en que la física matemática de la teoría de Newton parecía haber descubierto la última ley de la Naturaleza mediante una fórmula matemática.

Existe una segunda extensión del concepto de conocimiento matemático, que ha perjudicado tanto a la historia de la filosofía como la extensión del concepto de conocimiento matemático a la física. Me refiero a la elaboración de una filosofía de la ética por analogía con las matemáticas. La teoría de las ideas de Platón intentaba servir a esta misma finalidad. La doctrina socrática de que la virtud es conocimiento recibió su sustanciación mediante una filosofía, según la cual existen ideas de las buenas acciones del mismo modo que de los objetos físicos y matemáticos. Lo que es bueno se percibe del mismo modo que lo verdadero, y se percibe como verdad en un acto de visión de ideas, no mediante la percepción sensorial. De Sócrates y Platón deriva el *paralelismo ético-cognoscitivo,* que ha permanecido desde entonces como constitutivo indispensable del racionalismo. Se creyó que el deseo de establecer la ética sobre una base incuestionable tenía su soporte más valioso en una concepción del conocimiento que convertía a la razón en legisladora. Se identificó al autor de la ley moral con el autor de la ley del conocimiento, y se consideró que la ley moral que existe dentro

de la persona exigía la misma especie de reconocimiento que el cielo estrellado que se encuentra sobre ella. La construcción de una ética mediante el método geométrico se convirtió en el programa del racionalismo.

Estos progresos habrían tenido una importancia limitada si se refiriesen meramente a las concepciones de una escuela filosófica. Restringirían el predominio de esta escuela a tiempos pasados, de modo que habría lugar en épocas venideras para otras escuelas que se mantuvieran al margen de tales errores. Lo que ha hecho al racionalismo tan peligroso es que sus errores fundamentales no quedaron circunscritos a su propia escuela, sino que su principal adversario, el empirismo, se infectó con la misma clase de error, y la filosofía empírica había de terminar en fracaso, porque no superó la misma falta que hizo al racionalismo incompatible con la ciencia —el error de identificar el conocimiento con el conocimiento matemático.

Es cierto que en las filosofías empíricas no se comete este error abiertamente. El empirismo ha atacado siempre al racionalismo con el argumento de que el racionalista menosprecia la contribución de la observación sensorial al conocimiento. Pero, al desarrollar su propia filosofía, el empirista aceptaba inconscientemente la tesis del racionalismo, según la cual el conocimiento genuino tiene que ser tan digno de crédito como el matemático, y se veía así empujado al callejón sin salida de probar que el conocimiento empírico era tan bueno como el matemático. Desde el punto de vista histórico, este compromiso racionalista del empirismo encontró su expresión en el hecho de que los empiristas se hallaban siempre a la defensiva, de que tenían que probar que su filosofía era tan buena como el racionalismo para el establecimiento de la verdad absoluta. Un producto de tal defensa sin esperanzas es lo que llamamos empirismo ingenuo o materialismo. Por otra parte, aquellos empiristas que eran demasiado honrados para engañarse a sí mismo tenían que acabar como escépticos. El empirista escéptico es el filósofo que se ha liberado de la intoxicación del racionalismo, pero que todavía se siente obligado por su reto; que considera el empirismo como un fracaso, porque no puede alcanzar el mismo fin que fue propuesto por el racionalismo: el fin de un conocimiento absolutamente digno de crédito. A través del presupuesto tácito de su crítica el escéptico se convierte en víctima del mismo error que ha conducido al racionalista a sus marañas lógicas: el error de considerar el conocimiento matemático como el patrón con arreglo al cual tienen que ser calibrados todos los conocimientos restantes. Esto es cierto respecto de los antiguos escépticos, quienes creían haber probado que la verdad no

existe, porque habían probado que no existe verdad matemática en el conocimiento empírico. Y esto es cierto respecto del más destacado de los empiristas escépticos, David Hume, cuya filosofía es a la vez la primera construcción consistente del empirismo y su bancarrota.

El período clásico del empirismo moderno presenta todos los síntomas de una infección de fundamentos racionalistas. Francis Bacon, el profeta de la inducción, deja sentado, mediante el título de su obra más importante, que pretende parangonar mediante métodos inductivos, la lógica deductiva de Aristóteles. Su empirismo se apoya en la confianza ingenua de que la inducción puede establecer un conocimiento tan bueno como el del matemático o el lógico. John Locke lleva a cabo el intento sin esperanza de combinar la verdad necesaria y no desprovista de sentido del racionalista con un origen empírico de los conceptos, y predica una ética según la cual los fundamentos de la democracia política se derivan de la razón. Con la mayor personalidad de los tres, David Hume, el empirismo británico alcanza su cumbre. El empirismo encuentra en Hume su formulación definitiva: todo conocimiento *a priori* es analítico; todo conocimiento sintético deriva de la percepción sensorial. En otras palabras: la percepción sensorial es el único criterio de la verdad no analítica. Pero la misma formulación del principio del empirismo revela el fracaso del método empírico. El conocimiento relativo al futuro es inalcanzable, porque la observación nos informa meramente de lo pasado. El conocimiento predictivo sólo puede construirse mediante inferencias. Ahora bien, dado que la implicación que conduce desde la observación pasada a la futura es sintética, no puede aplicarse la inferencia deductiva a la derivación de afirmaciones sobre el futuro, y el único instrumento de predicción está constituido por la inferencia inductiva. Y dado que la inferencia inductiva no puede ser confirmada por la lógica deductiva, ni por referencia a la experiencia, no hay razón para aceptarla: la inferencia inductiva resulta injustificable. No puede establecerse el conocimiento mediante métodos empíricos.

He visto muchos libros de texto sobre la historia de la filosofía que dan escasa importancia a la escéptica conclusión de Hume. He leído observaciones proclamando la opinión de que se ha sobreestimado la crítica de Hume; que pocos filósofos se sienten perturbados por la imposibilidad de justificar la inducción, o que la inducción representa una dificultad menor para el método científico, que no tiene por qué preocupar al filósofo. Un filósofo que escribe tales cosas no ha comprendido la historia de la filosofía. No ha advertido que el intento racionalista de ser responsable del conocimiento científico es incompatible con

la ciencia moderna, y que, si no puede superarse la crítica de Hume, el empirismo es incapaz igualmente de proporcionar una teoría de la ciencia. La crítica de Hume es la objeción más seria que se haya planteado jamás contra la posibilidad del conocimiento. Si no puede responderse a la objeción de Hume, la historia de la filosofía es la historia del error. La búsqueda de la verdad terminaría en la admisión de la ignorancia. Sólo sé que no sé nada; el aforismo de Sócrates, menos característico de él, que de la escuela de los escépticos, ha encontrado su elaboración final en la *Investigación sobre el conocimiento humano.*

Existen otros filósofos que esperan escapar al escepticismo de Hume acudiendo a la fe. Tenemos muchas creencias, arguyen, que mantenemos sin crítica; ¿por qué no aceptar la creencia en la inducción? Hemos obtenido varios éxitos con ella; ¿por qué debemos abandonarla? Bastaría una amistosa sonrisa de Hume para dar al traste con este argumento, pero vosotros lo podéis encontrar en libros modernos sobre la inducción. Algunos lo llaman fe animal; otros prefieren el nombre de creencia racional, y el artificio de la defensa es argüir que sin fe no podríamos vivir y que incluso el empirista cree en algo. La fe es una confortable cura de descanso; ¿por qué no dormir en ella y tener nuestra paz?

No pienso que nadie que considere seriamente la lógica pueda defender el refugio en la fe. Constituye un axioma decir que la vida cotidiana está llena de creencias, pero la labor del filósofo es la de examinar tales hábitos a la luz de la lógica. Si se llega a la conclusión de que no puede justificarse la creencia más fundamental no se sigue de aquí que haríamos mejor en interrumpir la investigación lógica, sino que deberíamos dejar de aducir que poseemos una filosofía. Hablar de la metafísica del empirismo es una pobre defensa por parte de quienes buscan una excusa ante la ciencia moderna para continuar con la especulación racionalista. El argumento del empirista es el de que no tenemos medios de probar la verdad de una afirmación que predice observaciones futuras. Es ridículo llamar a este argumento una metafísica basada en la creencia. Las incertidumbres del empirismo no autorizan al metafísico a predicar una nueva filosofía de la fe. Si el empirismo fracasa, ha fracasado la filosofía. No puede haber un retorno a las creencias de las épocas anteriores a Hume.

La solución al problema de Hume debe buscarse dentro de la estructura del empirismo. De otra manera no sería una solución. A fin de encontrarla debemos formular con más precisión lo que prueba el argumento de Hume. Prueba que no existe conocimiento del futuro si por conocimiento se entiende un conocimiento absolutamente digno de crédito. El argumento es concluyente sólo si el conocimiento es lo que

entiende por tal el racionalista: lo que ha demostrado Hume es que el ideal racionalista del conocimiento no puede alcanzarse mediante métodos empíricos. Es la adhesión inconsciente a la teoría racionalista del conocimiento en términos de conocimiento matemático, la que conduce al escepticismo de Hume. El empirista que se convierte en escéptico no se ha despojado suficientemente del credo racionalista.

El camino a un empirismo consistente sólo está abierto a aquellos que están dispuestos a interpretar el conocimiento empírico en sus justos términos y a abandonar el prejuicio de que las matemáticas representan el prototipo de todo conocimiento. Esta liberación constituye un largo camino que nunca hubiera sido descubierto sin la ayuda de la misma ciencia matemática. La historia de esta liberación es, de hecho, la historia de las matemáticas y de la física matemática, durante los siglos XIX y XX. Quisiera bosquejar esta historia en un breve resumen de sus capítulos relevantes antes de volver a la respuesta que damos hoy a la crítica de Hume.

La desintegración de los juicios sintéticos *a priori* comenzó con los progresos de las matemáticas. Veinte años después de la muerte de Kant, Bolyai y Lobatschefskyj descubrieron una geometría no euclidiana. La importancia de este descubrimiento fue reconocida inmediatamente por Gauss, quien había llegado a conclusiones geométricas similares independientemente: Gauss vio que si los matemáticos conocen más de un sistema geométrico, el problema de cuál de ellos se aplica a la realidad física representa un problema empírico.

El desarrollo lógico que desplazó de su sitial a las matemáticas es sorprendentemente simple. Mientras sólo existía una geometría parecía que el matemático disponía de la clave del espacio físico, y la razón aparecía como legisladora de la realidad física. Si existe una pluralidad de geometrías posibles, el matemático es incapaz de decir cuál de ellas se adapta al espacio físico y se deja al físico la selección de la geometría que describe el universo físico. Es cierto que el proceso de esta selección es algo complicado, pues incluye una decisión respecto de determinadas definiciones, llamadas definiciones coordenadas, pero este hecho no hace menos empírica la determinación de la geometría del espacio físico. Como en el caso de todas las hipótesis físicas, las matemáticas nos presentan simplemente un conjunto de posibilidades de entre las cuales la observación selecciona la que corresponde a la realidad. El criterio de la verdad sintética no es la razón, sino la observación —el principio empírico incluye la aplicación de las matemáticas a la realidad física—. El desarrollo originado por el descubrimiento de geometrías no euclidianas alcanza su etapa final con el análisis de la arit-

mética por Russell: la verdad matemática es analítica, las matemáticas no describen la realidad física.

La verdad analítica no plantea problemas al filósofo. Que la razón sea capaz de establecer proposiciones analíticas es posible porque las proposiciones analíticas no anticipan experiencias futuras, no restringen el dominio de lo que es observable. Las tautologías de un lenguaje son simplemente la imagen metafórica de las reglas mediante las que se construye dicho lenguaje. Dicen en lenguaje práctico lo que se expresa mediante la estructura de las proposiciones, y lo que es así consecuencia de reglas metafísico-lingüísticas. El *tertium non datur*, por ejemplo, no es sino el lenguaje práctico equivalente a una regla que establece el carácter bivalente del idioma. Los juicios analíticos *a priori* no requieren el racionalismo y son compatibles con el empirismo más crítico.

Al reducir la verdad matemática a relaciones analíticas, el análisis moderno de las matemáticas destruye la base sobre la que se asienta el racionalismo; éste es el sencillo hecho que ningún filósofo puede olvidar. Considerar las matemáticas como el ideal al que deben aproximarse las ciencias físicas significa interpretar equivocadamente la naturaleza de las matemáticas. Una ciencia física construida según el modelo de las matemáticas resultaría vacía, no nos podría informar sobre el mundo físico. Todo conocimiento sintético deriva de la observación: el empirista resulta vencedor en último término porque el matemático ha renunciado a la alegación de conocer la verdad sintética. El filósofo que en pleno siglo XX intenta aún derivar el conocimiento de la razón ha perdido su más firme soporte: el soporte del matemático, y se parece al hombre que todavía busca la máquina del movimiento perpetuo —no puede llevarse a cabo, ésta es la respuesta que la ciencia moderna da a dos mil años de lucha por una interpretación racionalista del conocimiento.

El efecto destructor del análisis moderno de las matemáticas se extiende al dominio de la ética. La idea de derivar los principios éticos de la razón, al modo de los principios matemáticos, parecía plausible, en tanto se creía que las matemáticas constituían una verdad racional sintética. Pero, si todo el conocimiento derivado de la razón es analítico, y la razón no puede elegir entre los diferentes sistemas, cada uno de los cuales es consistente, pero que se contradicen mutuamente, el paralelismo ético-cognoscitivo rinde un mal servicio a la ética. ¿Qué hubiera contestado el autor de una ética construida según el método geométrico si se le hubiese dicho que el método geométrico podía justificar de la misma manera una ética que no fuera la de Spinoza? Pero

no aventuraré especulaciones sobre cuál hubiera sido la reacción de Spinoza ante las matemáticas del siglo XX y me limitaré a decir lo que *habría* respondido: habría admitido que si los principios morales tienen carácter cognoscitivo están vacíos, puesto que constituirían conocimiento derivado de la sola razón.

La respuesta que la lógica moderna da al problema de la ética se parece a la dada al problema de la geometría: únicamente las implicaciones entre axiomas y teoremas son susceptibles de prueba lógica, pero los axiomas en sí no pueden demostrarse por la razón. Los principios éticos fundamentales no pueden ser explicados por el filósofo, como tampoco los axiomas del espacio físico. Pero, mientras que los axiomas del espacio físico tienen al menos carácter cognoscitivo y son susceptibles de comprobación empírica por el físico, los principios fundamentales de la ética no tienen este carácter y requieren un tratamiento diferente, del que hablaré ahora.

Tengo primero que entrar en un análisis más detallado del conocimiento empírico. La reducción de las matemáticas a relaciones analíticas representa una conclusión negativa. Tiene que ser complementada mediante una concepción del conocimiento sintético que satisfaga al mismo tiempo el criterio empírico de verdad y supere la crítica de Hume.

Es bien conocido que la respuesta a esta cuestión conduce a la teoría de la probabilidad. Los filósofos empíricos, desde el tiempo de los propios estudios de Hume sobre la probabilidad hasta nuestros días, han tratado, en consecuencia, de construir repetidamente teorías sobre la probabilidad que expliquen el conocimiento empírico. Se podría creer que todas estas teorías fueron construidas según principios empíricos. Un examen del estado actual de la discusión sobre la probabilidad enseña que no es éste el caso. El análisis de la probabilidad resulta confuso debido a los residuos de una interpretación racionalista del conocimiento. Los gérmenes del racionalismo han penetrado tan profundamente en el pensamiento filosófico como para infectar incluso a los pensadores empiristas de nuestro tiempo. El racionalismo revive en el intento de los lógicos de construir una teoría de la probabilidad partiendo de la razón pura, una teoría de lógica inductiva en la cual los grados de probabilidad se derivan de la estructura lógica de las proposiciones, como teoremas de lógica deductiva. Estas teorías se construyen, a veces con la ayuda de los así llamados principios de indiferencia, otras mediante métodos que determinan un así llamado grado de confirmación. La característica común a todas estas teorías es la de que sus expositores creen que disponen de una regla analítica que puede determinar, sobre

la base del material observable, con qué grado de probabilidad ocurrirán observaciones de una clase determinada.

La raíz racionalista de estas teorías es evidente. Si la lógica es incapaz de predecir el futuro, al menos debe ser capaz de decir las probabilidades de las diversas formas posibles de futuro —el deseo racionalista de un mundo físico controlado por la razón se ha deslizado de esta manera atenuada en la filosofía matemática de nuestro tiempo—. En la nueva forma es tan activo y peligroso como en la antigua de prometedora certeza. La predicción de las probabilidades constituye una forma de racionalismo incluso más peligrosa, por parecer tan modesta y moderna.

La crítica de todas estas teorías se formula con facilidad. Como todos los sistemas matemáticos, el cálculo de probabilidades es analítico. Todo lo que puede hacer es derivar probabilidades de otras probabilidades, y estas otras probabilidades deben ser dadas. Para que sea aplicable a la realidad física, el cálculo debe ser complementado mediante una regla que indique cómo encontrar las primeras probabilidades. Esta regla no puede ser matemática, porque no puede ser analítica. Si fuese analítica no nos diría nada acerca del futuro y no podría utilizarse, por tanto, como guía para la acción. En sentido contrario, como la afirmación de probabilidad se supone que debe ser un consejo sobre el modo de actuar, debe decir algo sobre el futuro. Por consiguiente, no puede derivarse, mediante la lógica deductiva, de un material observable que se refiere al pasado. Esta crítica es sencilla. El hecho de que existan lógicos modernos que no la acepten prueba que la tendencia hacia el racionalismo no está siempre regulada por la lógica.

La teoría empírica de la probabilidad se basa en la interpretación de la frecuencia. La afirmación de probabilidad predice una frecuencia de acontecimientos. Dice algo sobre el futuro y puede comprobarse, por consiguiente, en términos de los acontecimientos predichos. La regla sintética que facilita las probabilidades, antes de que haya transcurrido la secuencia total de acontecimientos, es la regla de inducción por enumeración. Aunque la frecuencia se refiere a una categoría, la afirmación de probabilidad es aplicable a un caso aislado, ya que la vida de cada persona incluye muchos casos aislados. La adopción de las reglas de probabilidad lleva consigo el mayor número posible de éxitos.

El instrumento más importante para esta consideración es el concepto de *positum* o proposición. Una afirmación de probabilidad no nos permite calificar de verdadera la sentencia sobre el acontecimiento pre-

dicho. Sólo puede sostenerse dicha sentencia en el sentido de proposición. Proponer una afirmación significa tratarla como si fuera cierta, aunque no conozcamos su verdad. Para justificar una proposición no necesitamos probar que es verdadera; todo lo que hemos de probar es que supone una ventaja en algún sentido tratar la afirmación como si fuera verdadera.

El concepto de proposición es la clave para comprender el conocimiento predictivo. Puede probarse que todas las formas de inducción, incluyendo la así llamada inferencia por confirmación, son reducibles a inducción por enumeración, y puede demostrarse que la ingente cantidad de matemáticas utilizada por la física moderna sólo sirve para proporcionar una concatenación de inferencias individuales, en términos de inducciones tan sencillas. Se explica así la importancia del pensamiento analítico en la ciencia empírica: la función de las operaciones deductivas es la de relacionar inducciones sencillas en una estructura que, en conjunto, no representa sino otra proposición que puede demostrarse que es superior a cada una de las proposiciones individuales de que está formada.

El conocimiento predictivo se explica, en consecuencia, cuando es posible justificar la inducción por enumeración. Esta justificación, que Hume consideraba imposible, puede darse cuando se considera la conclusión de la inferencia inductiva, no como verdad, sino en el sentido de una proposición. Puede demostrarse que si es posible en absoluto hacer predicciones, la inferencia inductiva es un instrumento para realizarlas; y la inferencia se justifica porque su aplicabilidad constituye una condición necesaria para el éxito.

La concepción racionalista de la lógica inductiva fracasa porque se enfrenta con la labor imposible de convalidar un principio sintético mediante la razón. La concepción empírica de la lógica inductiva es esencialmente diferente. El principio de inducción por enumeración, que representa su único principio sintético, no se considera autoevidente o como un postulado que pueda confirmarse mediante la lógica. Lo que la lógica puede demostrar es que el uso de ese principio es aconsejable si se persigue un objeto determinado: el objeto de predecir el futuro. Esta prueba, la justificación de la inducción, se construye en términos de consideraciones analíticas. Se permite al empirista el uso de un principio sintético, porque no sostiene que dicho principio es cierto o deba conducir a conclusiones verdaderas, a probabilidades correctas, o a cualquier clase de éxito. Todo lo que sostiene es la utilidad que le reporta el uso del principio. Esta renuncia a toda pretensión de verdad le autoriza a incorporar un principio sin-

tético en una lógica analítica y satisfacer la condición de que lo que él *afirma*, basándose en su lógica, es únicamente verdad analítica. Puede actuar así porque no afirma la conclusión de la inferencia inductiva, sino sólo la propone. Lo que afirma es que «proponer» la conclusión es útil para su objeto. Se atiene, de esta manera, por completo al principio empírico de que la razón no puede contribuir al conocimiento sino analíticamente, que no existen principios sintéticos autoevidentes.

La crisis del empirismo, expresada en la crítica de Hume, fue el producto de una interpretación errónea del conocimiento, y se desvanece ante una interpretación correcta —tal es el resultado de una filosofía nacida en el suelo de la ciencia moderna—. El racionalista no sólo ha presentado al mundo una serie de sistemas de filosofía especulativa insostenibles; ha envenenado también la interpretación empírica del conocimiento, induciendo al empirista a esforzarse en objetivos inalcanzables. Tenía que superarse, mediante la evolución de la ciencia, la concepción del conocimiento en cuanto sistema de afirmaciones que puede demostrarse que son ciertas, antes de que pudiera encontrarse una solución al problema del conocimiento predictivo. Tenía que extinguirse el afán de exactitud en la más precisa de las ciencias antes de que el filósofo pudiera explicar el método científico.

Os he dado un breve resumen de la controversia histórica entre el racionalismo y el empirismo, con la intención de estudiar los orígenes del error filosófico. Llego a la conclusión de que los errores de la filosofía tradicional derivan de una interpretación errónea del conocimiento, de considerar el conocimiento matemático como el prototipo de todo conocimiento. Me preguntaréis: si éste es el error fundamental, ¿cómo fue cometido? En otras palabras: ¿podemos dar un paso más en la explicación y señalar no sólo la causa del error, sino la causa de la causa del error? Efectivamente, esta pregunta puede ser contestada. Han existido dos causas cuya acción ha dado origen a la interpretación filosófica errónea del conocimiento.

La primera nos la ofrece la evolución histórica de la ciencia. Pasaron varios miles de años hasta que la ciencia asumiera una forma que hiciera posible un empirismo consistente. No puede culparse al filósofo por identificar las matemáticas con la geometría física, cuando el matemático de su tiempo compartía la misma idea. Si se hubiese descubierto la geometría no euclidiana en tiempo de Euclides, la filosofía hubiera tomado un curso muy diferente. Incidentalmente, si se considera de modo retrospectivo la evolución de las matemáticas hay que admitir que hubiera sido posible tal desarrollo. Los fundamentos de la geometría no euclidiana pueden ser construidos con instrumentos

matemáticos bastante sencillos, y se puede imaginar muy bien a Bolyai entre los discípulos de Euclides. La era helénica y más tarde la romana fueron lo bastante avanzadas como para prestar un apoyo intelectual a tal empresa. Sabemos que el sistema heliocéntrico se construyó en una época tan temprana como el año 280 antes de Jesucristo. Dado que la historia de la geometría no registra tal anticipación de sistemas no euclidianos, no podemos sino señalar el retraso en la evolución de las matemáticas y hacerle responsable de la evolución retrasada de la filosofía. Por otra parte, el desarrollo de la física, conducente al abandono de la causalidad y a la primacía de la probabilidad, no podría haber tenido lugar posiblemente antes del nacimiento de la ciencia experimental moderna. En esta última transición a un concepto del conocimiento como sistema de proposiciones, la filosofía se encontraba dependiendo de una evolución más allá del control del filósofo.

Pero la dependencia de la evolución de la ciencia no es la única causa que puede ser alegada en relación con la interpretación racionalista errónea del conocimiento. La ciencia presenta muchos aspectos y el matemático no es sino uno de ellos. Las existencias de filosofías empíricas en todos los tiempos demuestra que siempre se ha advertido el aspecto empírico de la ciencia. Si el filósofo se veía inclinado a resaltar la naturaleza matemática de la ciencia; si consideraba las matemáticas como el ideal al que deberían aspirar las otras clases de ciencia, semejante actitud ha de ser explicada en términos de la psicología del filósofo. Y aquí, efectivamente, descubrimos la causa más profunda de la interpretación errónea del conocimiento que condujo a los errores de la filosofía.

Examinando la larga lista de sistemas filosóficos no se puede evitar la impresión de que los hombres que construyeron esos sistemas no estaban interesados primariamente en una interpretación sin prejuicios de la ciencia. Para el filósofo, el análisis de la ciencia ha sido en todos los tiempos un medio para un fin. Necesitaba la ciencia como un punto de apoyo para alcanzar otros objetivos. Emprendió el estudio de la ciencia con una finalidad preconcebida: la de leer en la ciencia sus propios intereses. Quería seguridad y vio únicamente aquellos aspectos de la ciencia que se prestaban a una interpretación en términos de conocimiento absolutamente cierto. Quería directrices morales y vio únicamente aquellos aspectos de la ciencia que se prestaban a una interpretación en términos de paralelismo ético-cognoscitivo. Incluso el empirista, que no aceptaba la solución racionalista, no podía liberarse del objetivo racionalista, y, si su lógica estaba exenta de prejuicios, se convertía en escéptico. La interpretación racionalista erró-

nea del conocimiento derivó de motivos extralógicos, del intento de establecer seguridad en el conocimiento humano y directrices morales en la conducta del hombre. El filósofo se equivocó, porque su análisis no era imparcial: la ciencia era para él lo que él quería que fuera.

¿Qué podemos hacer, pues, para construir una filosofía mejor? El estudio del error nos debería ayudar a encontrar la verdad. Ya que la filosofía depende de la ciencia, deberíamos concebir esta dependencia como la condición necesaria de nuestro trabajo: deberíamos saber que la naturaleza del conocimiento sólo puede ser estudiada mediante el análisis de la ciencia. Debe abandonarse para siempre la idea de una teoría filosófica del conocimiento que derive las características generales del conocimiento, de la estructura de la mente o de la percepción de la naturaleza del ser. No existe ontología ni dominio separado del conocimiento filosófico que precedan a la ciencia. La filosofía no contribuye con ningún contenido al conocimiento. Se limita a estudiar la forma de conocimiento que presentan las obras del científico y examina todas las alegaciones de validez. Al actuar de ese modo, el filósofo ha de saber que lo único que puede conseguir es una filosofía del conocimiento de su tiempo.

La teoría del conocimiento representa aproximadamente la mitad del objeto de estudio de la filosofía tradicional. La otra mitad se refiere a los juicios de valor, en particular a la ética. La lógica regula únicamente las implicaciones entre diversas reglas morales, mientras que las reglas fundamentales son de naturaleza no cognoscitiva. Constituyen imperativos y, por tanto, decisiones volitivas. El filósofo, que hubo de renunciar a establecer los principios de la física, estará dispuesto a renunciar también a establecer los imperativos éticos fundamentales. Su labor sólo puede consistir en un análisis lógico de la conducta moral, comparable a su análisis de la conducta cognoscitiva. Señalará la importancia de las implicaciones en la conducta moral y de las relaciones que unen entre sí los diferentes objetos volitivos subordinando un objeto a otro. Hará resaltar la necesidad de estudiar psicología y sociología a todo aquel que quiera combinar los objetos volitivos en un sistema ordenado. Sin los resultados de estas ciencias no pueden establecerse relaciones entre los objetos volitivos, ya que estas implicaciones dependen del conocimiento sintético comprendido en la sociología y psicología. Como en la teoría del conocimiento, la labor del filósofo en el campo de la ética consistirá esencialmente en establecer un orden, en hacer explícitos los controles lógicos de un campo de conducta tan controvertido e indispensable.

Una filosofía de la clase descrita, que representa un análisis más

bien que una construcción independiente, puede parecer insatisfactoria a todos los que se complacen en la admiración de la filosofía de los sistemas. Los sistemas filosóficos poseen un poder persuasivo al que es difícil resistir; un poder comparable a la fuerza mágica de las grandes obras de la literatura, y la renuncia a la especulación filosófica puede parecer como una renuncia a la belleza y grandiosidad que han colocado a la filosofía en la posición señera que ocupa en la civilización. No discutiré sobre el valor estético de los sistemas, pero me gustaría llamar la atención hacia el hecho de que este aspecto positivo está indisolublemente relacionado con el aspecto negativo de la filosofía tradicional: con la ausencia de un acuerdo general de las teorías filosóficas. Los sistemas filosóficos son creaciones individuales y, como determinadas obras de arte, no exigen el consentimiento de todos, sino la admiración de aquellos pocos que quieren representar algo. El estudio sobrio de la verdad está desprovisto de la aureola de la creación artística, pero tiene la ventaja de preparar el camino hacia un consentimiento universal, de establecer conclusiones que, en último término, estarán exentas de controversia y ataque. Este es el camino de la ciencia, sobre el cual está marchando la filosofía del análisis lógico. Aunque menos atrayente para la mentalidad romántica, la adopción del método científico aparecerá como la consecuencia insoslayable de un estudio sin prejuicios de la historia de la filosofía. Es el único camino, con perspectivas de éxito, abierto a la filosofía del siglo XX.

Quienes han tratado de seguir este camino han tenido una experiencia que yo consideraría equivalente a la de los valores estéticos: la experiencia del poder de clasificación que resulta del análisis. Saber lo que uno quiere decir y lo que significa el conocimiento constituyen objetivos valiosos para el filósofo, y yo pienso que podemos darnos por satisfechos si nuestro trabajo contribuye a una aclaración de los significados. El científico descubre la verdad sintética. Que nuestro objetivo sea decir lo que significa la verdad y en qué lugar ha de incorporarse dentro de la totalidad de la civilización humana. El filósofo ha considerado siempre que su tarea es la de un educador. Seamos educadores que aclaren los significados colocando la cognición y la volición en sus justos lugares; haciendo explícito lo que comprendemos; trayendo a la luz lo que está activo en el fondo oscuro de la conciencia. La claridad de pensamiento es uno de los más refinados goces intelectuales; constituyamos en objetivo supremo del filósofo no sólo decir la verdad, sino también decirla con la claridad que deriva del análisis lógico.

La libertad de la voluntad

[*El siguiente ensayo se basa en un manuscrito sin terminar dejado por mi marido. El manuscrito original consiste en una disertación sobre la libertad de la voluntad, que contiene algunas interpolaciones fragmentarias y un fragmento separado sobre la libertad de acción. Estos originales fueron escritos en 1951 y son de fecha anterior a los manuscritos de las conferencias en francés que dio en la Sorbona en junio de 1952 con el título de «Les fondements logiques de la méchanique des quanta» (Extraits des* Annales de l'Institut Henri Poincaré, *tomo XIII, fascículo II, 1953, págs. 109-158, París) y de sus libros* Homological Statements and admisibles operations, *publicado póstumamente por la North Holland Publishing Co., Amsterdam, 1954,* y The Direction of Time, *publicado póstumamente por la Universidad de California Press, Berkeley y Los Angeles, 1956.*

He tratado de combinar los diversos fragmentos en un solo ensayo. En cuanto ha sido posible he preservado el manuscrito original, pero he realizado algunos cambios estilísticos; reorganizado parcialmente el orden de exposición; facilitado cierto número de nuevas ilustraciones y elaborado el texto dondequiera que he sentido que era necesario. Me he guiado frecuentemente por los últimos manuscritos mencionados anteriormente, que aclaran algunos de los temas abordados en el escrito sobre la libertad de la voluntad. Aunque no he alterado nada del contenido filosófico del ensayo, mía es la responsabilidad por su versión final.

Quien desee consultar el manuscrito original puede pedir una fotocopia al Departamento de Colecciones Especiales de la Biblioteca de la Universidad de California, en Los Angeles, donde se ha depositado el mencionado manuscrito.]

1

El problema de la libertad de la voluntad ha ocupado la atención y servido para calibrar el ingenio de los filósofos de todas las épocas. Mientras que, en general, todo el mundo está convencido de que su

voluntad es libre o, por lo menos, se comporta de tal forma que puede inferirse esta convicción de su conducta, se ha mantenido frecuentemente que dicha libertad parece excluida por un determinismo causal estricto. Si, en principio, todo acontecimiento es predecible, entonces puede predecirse la conducta humana como cualquier otro fenómeno natural, y es difícil entender en qué sentido se la puede llamar libre.

Los filósofos han ofrecido diversas soluciones a este problema, con el resultado de que se ha defendido y negado al mismo tiempo la libertad de la voluntad sobre la base de un determinismo estricto. La defensa sigue generalmente la línea de que la libertad presupone una causalidad estricta. De otro modo, se arguye, no podríamos ser las causas de nuestras acciones y seríamos incapaces de hacer lo que queremos. La negación de la libertad sobre una base determinista se ha templado, en ocasiones, mediante un compromiso, como en el caso de Kant, cuyas consideraciones pragmáticas sólo pueden llamarse un *tour de force*. Aunque está persuadido de que el análisis epistemológico demuestra que la voluntad no es libre, cree que esta conclusión contradice nuestra concepción de una ética provista de sentido. Por consiguiente, Kant hace de la libertad de la voluntad un postulado de la Razón Práctica, en su intento de poner la moralidad a salvo. Spinoza admite cierta libertad, distinguiendo entre causas que radican dentro y fuera de nuestro sistema corporal. Si no intervienen fenómenos externos, si la cadena causal está confinada dentro de nuestro organismo, sentimos que hemos iniciado voluntariamente esa cadena, esto es, nos sentimos libres, y somos libres en el sentido que no estamos obligados por ninguna causa externa a actuar en contra de nuestra voluntad. De hecho, sin embargo, solamente Dios es libre, porque actúa y existe puramente por necesidad de su propia naturaleza, mientras que todas las demás cosas, incluyendo los seres humanos, dependen de causas externas. Tenemos el sentimiento de libertad porque nos damos cuenta de nuestras voliciones, pero ignoramos a menudo las causas que las han determinado. En consecuencia, el sentimiento de libertad es simplemente un epifenómeno. Por analogía, una piedra que se moviese a consecuencia de un impacto originado externamente, y que continuase moviéndose una vez hubiera cesado el impacto, se sentiría libre, si tuviese la capacidad de pensar y su movimiento coincidiese con sus deseos de proseguir dicha trayectoria. La exposición del problema del libre albedrío por Spinoza es mucho más consistente con el resto de su sistema que los postulados volitivos de Kant con sus investigaciones epistemológicas.

Nos proponemos discutir el problema del libre albedrío en general, en lugar de ocuparnos en la interpretación de los filósofos individuales. A fin de aclarar el alcance de este ensayo quisiéramos distinguir entre el aspecto *práctico* y el *teórico* del problema del libre albedrío. Se ha alegado a menudo que el sentido común sabe cuándo somos libres y cuándo no. Soy libre para levantar mi brazo, a no ser que alguien me lo haya sujetado por la espalda. Normalmente una persona es libre para fumar un cigarrillo o beber un vaso de vino, pero si es víctima de un vicio no es libre cuando acude a su droga favorita. Un cleptómano no es libre en relación con acciones que la gente normal controla mediante su voluntad.

Esta exposición sin formulismos de ejemplos vulgares de la vida cotidiana parece indicar que, en conjunto, podemos efectuar la distinción entre libertad y falta de libertad a fines prácticos. Parece apropiado que el problema práctico se haya centrado principalmente en torno al concepto de responsabilidad, tal y como se presenta en la vida cotidiana y específicamente en las decisiones legales. La edad, enfermedad y otras diversas situaciones se consideran como circunstancias agotadoras que absuelven a una persona de la responsabilidad de sus actos. La profesión legal parece tomar en cuenta cada vez más estas consideraciones. Esto se advierte en el hecho de que, debido a la influencia psiquiátrica, la noción de castigo está siendo sustituida por la de rehabilitación o cura, y la ayuda o terapia se suministra con el objeto de hacer moralmente libre a la persona. La ley formula las condiciones generales de responsabilidad (libertad) y no responsabilidad (falta de libertad), y la evidencia empírica determina la regla que se aplica en el caso particular. El problema práctico, por consiguiente, no es demasiado difícil de resolver.

Sin embargo, es bien sabido que no puede considerarse el sentimiento de libertad como garantía de que somos libres. Una acción debida a la sugestión hipnótica no es resultado del libre albedrío, aunque la persona sienta que está actuando de acuerdo con sus propias deliberaciones libres. Freud ha demostrado que muchas acciones, que se sienten como libres, están determinadas realmente por motivos inconscientes, pero que el psicoanálisis puede ayudarnos a ser de nuevo los amos en nuestra propia casa.

En este contexto se asume que puede determinarse la libertad mediante evidencia empírica. Por tanto, la gente de mentalidad práctica se ve inclinada a menudo a descartar el problema teórico, surgido a consecuencia de consideraciones lógicas y semánticas, considerándolo poco importante e irrelevante respecto de las situaciones sociales —como

una de esas pesadillas filosóficas originadas por una sobredosis de razonamiento abstracto—. Abandonarían la solución del problema a los sociólogos, físicos y psicólogos antes que a los filósofos, quienes, a sus ojos, se encuentran demasiado alejados frecuentemente de las preocupaciones prácticas y realistas.

Aunque creemos que la esencia del problema del libre albedrío debe buscarse en el problema práctico y ha de decidirse sobre una base empírica, no estamos dispuestos a desechar el problema teórico. Por el contrario, creemos que el problema teórico puede resolverse según una línea de razonamiento que comienza en el problema práctico. Desde el punto de vista filosófico, esta investigación teórica se ocupa de aclarar el significado de la «libertad» mediante una explicación de este término basada en un análisis preciso epistemológico, semántico y lógico, que haga compatible el empleo del término en el lenguaje científico y en el corriente. Tenemos la impresión de que era imposible una solución al problema teórico en tanto que se buscase dentro de la estructura de un determinismo causal estricto. Anticipando brevemente nuestra opinión, creemos que puede resolverse el problema teórico si se sustituyen las consideraciones deterministas por consideraciones de probabilidad. El presente ensayo intenta bosquejar esta solución teórica.

Sabemos que éste es un tema delicado. La física cuántica ha abolido la causalidad. El electrón es libre, porque su trayectoria no puede predecirse. Así han argüido algunos escritores. Otros han señalado lo ridícula que sería una concepción del libre albedrío si se considerase que la conducta humana es del mismo tipo que la del electrón. No queremos discutir esta clase de argumento. Es evidente que una sustitución de relaciones deterministas por relaciones de probabilidad no resuelve *eo ipso* el problema. Sin embargo, constituiría un serio error creer que esta sustitución no tiene relevancia en el problema del libre albedrío. Queremos demostrar que, de hecho, conduce a una solución si se efectúa con plena conciencia de las relaciones específicas que caracterizan la volición humana y se expresan en la distinción práctica entre las acciones libres y no libres.

2

Dado que los términos «determinismo» e «indeterminismo» se han utilizado históricamente en diversos sentidos, quisiéramos formular primero con más precisión las diferencias existentes entre ellos —formu-

lación que constituirá al mismo tiempo una definición de estos conceptos en el sentido en que se usan en este ensayo— [1].

La hipótesis causal puede formularse de dos maneras distintas: en forma condicional y en forma categórica. En la forma condicional decimos: Si $D^{(1)}$ describe el estado físico total del universo en el tiempo t_1, esto es, si $D^{(1)}$ describe la sección trasversal del universo en el tiempo t_1, podemos predecir con una cierta probabilidad $p^{(1)}$, el estado físico total del universo E en un tiempo posterior t_2. Desde luego, la forma condicional no garantiza la verdad de la predicción. Por consiguiente, completamos la forma condicional de la causalidad mediante la asunción de que, en principio, es posible conocer todos los parámetros de la situación inicial, así como las últimas leyes físicas. De este modo llegamos a la forma categórica, que constituye una afirmación comprobable empíricamente, y dice: Existe una descripción $D^{(1)}$ del estado físico total del universo en el tiempo t_1 tal, que puede predecirse el estado físico total del universo E en un tiempo posterior t_2 con una cierta probabilidad $p^{(1)}$. La predicción se considera cierta si la observación demuestra que se cumple dentro de una exactitud determinada ε. (Sería exigir demasiado requerir que ε fuera igual a 0.) La hipótesis se basa en la probabilidad física, no técnica [2].

La hipótesis de la causalidad tiene que concebirse como un límite, debido a su referencia a las últimas condiciones iniciales y a las últimas leyes. Por consiguiente, *debe poder expresarse mediante unas afirmaciones convergentes* que incluyan el concepto de probabilidad. Utilizando la forma categórica de causalidad asumimos que la descripción $D^{(1)}$ que predice el estado futuro E con una probabilidad $p^{(1)}$, puede ser sustituida por una descripción más exacta $D^{(2)}$ que eleva la probabilidad de E a un valor más alto $p^{(2)}$. Este procedimiento puede continuarse y las descripciones $D^{(1)}$ facilitarán valores de probabilidad $p^{(1)}$ cada vez más altos para la predicción de E. La hipótesis de la causalidad puede formularse, pues, como la asunción de que la probabilidad p de E puede aproximarse a 2 tanto como queramos, mediante

---

[1] Para un análisis más detallado véase HANS REICHENBACH, "Die Kausalstruktur der Welt und der Unterschied von Vergangenheit und Zukunft", *Berd. d. Bayerischen Akad.*, math. nat. Abt., 1925, págs. 135-138; "Die Kausalbehauptung und die Möglichkeit ihrer empirischer Nachprüfung", escrito en 1923 y publicado en *Erkenntnis*, vol. 3, 1932, pág. 47, cuya traducción se incluye en la presente obra, páginas 135-164 (este ensayo fue escrito antes del descubrimiento de la indeterminación de la mecánica cuántica por Heisenberg); "Les Fondements Logiques de la Méchanique des Quanta", *Extrait des Annales de l'Institut Henri Poincaré*, vol. XIII, núm. II, 1953, páginas 109-122; *The Direction of Time*, Berkeley, 1956, sección II.

[2] HANS REICHENBACH, *Experience and Prediction*, Chicago, 1938, sección 6.

descripciones $D^{(1)}$ cada vez más exactas. La física clásica realizó esta asunción.

La hipótesis del determinismo va más allá de esta asunción al afirmar que existe una última y precisa descripción D hacia la que convergen las descripciones aproximadas, la cual nos permite predecir con certeza la futura situación E. Debe advertirse que esta afirmación no se deriva de la asunción llevada a efecto por la física clásica, aunque no la contradiga. Puede ser posible aumentar los valores de la probabilidad respecto a la predicción de E, de modo que se aproximen a 1 cuanto queramos, pero no es necesario que exista una última descripción que proporcione certeza a la predicción. En otras palabras: si la serie de valores de probabilidad respecto de E converge hacia un límite no es lógicamente necesario que exista un límite en la serie de descripciones correspondiente. La definición de causalidad mediante afirmaciones convergentes es más general, en consecuencia, que la definición determinista, e incluye esta última como un caso especial. A fin de evitar categorías superpuestas llamaremos *interpretación probabilista de la causalidad* o *indeterminismo* a la concepción que asume la convergencia de los valores de probabilidad respecto a la predicción de E, pero que niega la existencia de una descripción límite.

En lugar de hablar de una sección trasversal del universo total se puede restringir la afirmación a descripciones de partes del universo comprendidas dentro de un determinado volumen espacial V. En este caso, no basta con conocer la condición de V en el tiempo t_1; tenemos que conocer, además, las condiciones de la superficie exterior de V durante el intervalo de tiempo t_1-t_2. Este requisito es necesario, porque el resto del universo influye sobre los fenómenos que tienen lugar en V. Se asume que esta influencia tiene lugar mediante acción por contacto, y, por consiguiente, ha de pasar a través de la superficie de V. Puede demostrarse que con este recurso se puede definir el determinismo, tanto respecto de un universo infinito como relativo. Sin embargo, no nos es necesario este conocimiento adicional si consideramos conocida la sección transversal total del universo. En este caso, la influencia de las circunstancias ambientales sobre cualquier volumen V se computa desde la sección transversal inicial. Utilizaremos por conveniencia la formulación que se refiere a la sección transversal total.

La concepción determinista puede ilustrarse mediante el esquema siguiente:

$$\begin{array}{cccccc} D^{(1)} & D^{(2)} & D^{(3)} & \ldots & D \\ p^{(1)} & p^{(2)} & p^{(3)} & \ldots & 1 \end{array} \qquad (1)$$

La primera fila representa las descripciones de la situación inicial en el tiempo t_1, que adquieren progresivamente mayor exactitud. La segunda fila representa las probabilidades correspondientes de la situación E en un tiempo posterior t_2. Las probabilidades convergen hacia 1. La interpretación determinista mantiene, además, que en la primera fila existe un último término D al que corresponde la probabilidad 1. En los argumentos deterministas se asume esta última descripción, aunque quizá con la cualificación tácita de que el conocimiento humano no puede alcanzar nunca este estado de conocimiento.

La interpretación probabilista de la causalidad es similar a la determinista en lo que se refiere a la segunda fila, puesto que también asume que las probabilidades convergen hacia 1. Difiere, sin embargo, de la determinista al negar la posibilidad de una última descripción D, esto es, niega que la secuencia de descripciones cada vez más precisas converja hacia un límite. El siguiente esquema que ilustra el indeterminismo omite, en consecuencia, el último término en la primera fila:

$$\begin{array}{llll} D^{(1)} & D^{(2)} & D^{(3)} \ldots & \\ p^{(1)} & p^{(2)} & p^{(3)} \ldots & 1 \end{array} \qquad (2)$$

Puede objetarse que, aunque no se encuentre dentro de las capacidades humanas el establecer una descripción última de las condiciones iniciales, el universo presenta ciertamente un estado definido en una sección transversal en un momento determinado. Por tanto, haríamos mejor en hablar de un «último estado», o de «condiciones últimas», en lugar de una «descripción última». Pero el indeterminista no niega que el universo se encuentre en un estado definido en cualquier momento dado. Lo que niega es que el universo tenga en cualquier momento un estado, del cual se derive otro estado en un momento posterior con necesidad física.

Los esquemas (1) y (2) representan las formulaciones del determinismo e indeterminismo presupuestas en el siguiente análisis del problema de la libertad. Evidentemente, tanto el determinismo como el indeterminismo constituyen hipótesis más allá de la capacidad de observación, pero aplazaremos la discusión sobre la evidencia empírica que puede aducirse en favor de cada una hasta el final del presente ensayo.

3

Vamos a dividir nuestro análisis en dos etapas: primero nos ocuparemos del problema de la actuación libre y no libre, y, en segundo

lugar, del problema de la voluntad libre y no libre. En ambos problemas el análisis se efectuará, primero, basándose en la concepción probabilista de la causalidad y, después, en la determinista.

Es importante tener presente que, en lo que respecta al significado práctico de los términos, la libertad no se opone a la predecibilidad. Una acción puede ser predecible, y, sin embargo, libre. Unos pocos ejemplos sencillos ilustrarán este punto.

Joe Smith es un miembro relevante del Partido Demócrata y, por consiguiente, podemos predecir que votará por el candidato demócrata. Pero su voto constituye una acción libre, en cualquier sentido práctico de la palabra «libre». Más aún: cualquiera que sea su filiación política, podemos predecir que Joe Smith desayunará mañana. Sin embargo, nadie puede dudar de que lo mismo podría no hacerlo. Esto último es un ejemplo de la así llamada conducta convencional que es a la vez libre y predecible.

¿Cómo podemos expresar este hecho en términos lógicos? La respuesta es fácil si formulamos nuestras predicciones mediante implicaciones de probabilidad con valores próximos a 1, esto es, si asumimos una interpretación probabilista de la causalidad. Como veremos más tarde, una interpretación determinista expresada mediante implicaciones formales [3], funcionales, no verdaderas, que indican la relación entre causa y efecto, conduce a paradojas. Expondremos primero la interpretación probabilista y analizaremos después la interpretación determinista.

Es del caso exponer algunas observaciones preliminares relativas a nuestra terminología y a la introducción de símbolo. Asumiremos que existe una experiencia psicológica familiar llamada *volición*. Nuestra conducta está dirigida normalmente hacia un objetivo. Intentamos realizar una acción determinada; queremos llevarla a cabo, y sabemos por la experiencia inmediata cuándo ocurre así. En otras palabras: consideraremos la «volición», en el curso de este análisis, como un término primario. No decimos que seamos libres cuando experimentamos la volición. Por el contrario, sostendríamos más bien que podemos estar confundidos respecto a esta creencia. En su lugar queremos definir el término «libre» y para ello consideraremos que el término «volición» tiene un significado evidente.

Una persona puede adoptar tres actitudes distintas frente a una acción *B*:

---

[3] Estamos utilizando la definición de "implicación formal" de Russell.

1. La persona experimenta la volición de efectuar la acción *B*. Llamaremos a este caso «*VB*».

2. La otra persona experimenta la volición de no hacer *B*. Llamaremos a este caso «$V\bar{B}$».

3. A la persona le es indiferente realizar la acción *B*. Llamaremos a este caso «*IB*».

Evidentemente, *IB* es lo mismo que $I\bar{B}$. Sin embargo, $\bar{V}\bar{B}$ no es lo mismo que $V\bar{B}$. $\bar{V}\bar{B}$ significa no experimentar la volición de realizar la acción *B*, esto es, significa o tener la volición de no hacer la acción *B* o de sentir indiferencia respecto de dicha acción. Este caso se llamaría $V\bar{B}$ o *IB*.

Suponiendo que una persona tenga la volición *VB* el que llegue a realizar la acción *B* depende de condiciones adicionales. Una persona puede desear comprar un automóvil, pero carecer del dinero para ello. Puede desear escalar una montaña, pero no disponer de la fortaleza o habilidad para hacerlo. La descripción de estas condiciones, que pertenecen en parte a las circunstancias ambientales de la persona y en parte a sus condiciones corporales o psicológicas, representa, en consecuencia, un conjunto de afirmaciones. Designaremos a este conjunto con la letra «*A*». «*A*» denotará, así, la categoría de aquellas situaciones en las que ocurre una volición o se lleva a cabo una acción. Sin embargo, por conveniencia, utilizaremos la misma letra para referirnos tanto a una situación aislada como a la categoría que comprende tales situaciones.

Los psicólogos podrían alegar que resulta difícil a veces distinguir entre una volición *VB* y una situación *A*. Podría ser posible describir un caso particular de volición o parte del mismo (lo que, como sabemos, constituye un tema bastante complejo) de tal forma que no se utilizasen términos volitivos. Por ejemplo, podríamos referirnos a determinadas reacciones corporales asociadas generalmente con un caso de volición, como el brillo de los ojos, o una sonrisa, o unos labios fuertemente apretados, y podríamos incluir la descripción de estas reacciones en la descripción de una situación *A*. Entonces se define *A* de tal manera que incluye, psicológicamente hablando, aquella parte del cerebro que reservamos para el término «*VB*». Una descripción semejante de la situación *A* excluiría prácticamente una volición $V\bar{B}$. No negamos esta ambigüedad. Pero asumiremos que es posible, en principio, trazar una línea de demarcación satisfactoria entre la descripción de un caso de volición *VB* o $V\bar{B}$, y la descripción de una situa-

ción *A*, que no incluye partes de la volición, o equivalentes de la misma en términos no volitivos. Desde un punto de vista práctico, las situaciones *A*. en las que hablamos de libertad o de falta de tal libertad, son de esta clase y constituyen la clase de situaciones a que nos referimos en el siguiente análisis. En las fórmulas que expondremos se entiende que el término «*A.VB*» presupone la cláusula «Siempre que sea posible distinguir descriptivamente entre el fenómeno de una volición *VB* y los fenómenos no volitivos de una situación *A*». La construcción del término «*A.VB*» se rige, por tanto, por la regla «Se ha de seleccionar una descripción *D* de tal clase que se puedan distinguir *A* y *VB*».

Existen diversos medios de realizar esta distinción y separar *VB* del resto de la descripción. Podría efectuarse mediante términos físicos, introspección, análisis profundo, o dando cuenta de los síntomas de la conducta. Sin embargo, excluimos de nuestras consideraciones aquellas descripciones dualistas que distinguen los fenómenos físicos de los «mentales», que no tienen una correspondencia física.

Las otras personas que no experimentan la volición nunca observan ésta directamente, sino sólo los síntomas de la conducta de la clase antes descrita, de los cuales se puede inferir la existencia de una volición. Para el observador de esos síntomas la existencia de una volición en otra persona sería una deducción[4]. Pero la observación de reacciones en la conducta constituye tan sólo un medio de inferir la existencia de una volición en otra persona. Un medio diferente sería el de observar a esa persona en una situación que contuviera, además del objetivo de la acción *B*, un estímulo u objetivo *C* que contradijera el objetivo original *B* y pudiera conducir a la volición $V\bar{B}$. Por ejemplo, un niño quiere coger un terrón de azúcar (acción *B*); pero si de repente ve a su madre que le vigila puede ser aconsejable para él no coger el azúcar, a fin de evitar el castigo (objetivo *C*). Si en presencia del objetivo *C* la conducta cambia de *B* a $\bar{B}$, podemos extraer la conclusión de que *VB* ha cambiado a $V\bar{B}$, e inferir así que existe una volición en el niño. De esta manera, los cambios en la conducta, bajo la influencia de un estímulo adicional *C*, nos permiten asegurar la existencia de una volición. Puede argüirse que incluso la misma persona infiere a menudo la existencia de su volición de esta manera indirecta. El siguiente análisis es independiente de consideraciones epistemológicas relativas a los diversos medios de confirmar un

[4] *Experience and prediction*, págs. 212, 227.

caso de volición. En las fórmulas siguientes el término «VB» ha de interpretarse como una abreviación de aquella parte de la descripción que se puede considerar como el estado volitivo de una persona, y distinguirse así del resto de la volición, denotado por A.

4

Después de esta introducción a nuestra terminología y definición de símbolos, retornemos al problema de la acción libre. Cuando llamamos libre a una acción queremos decir que una volición tiene una influencia causal en dicha acción. Esto significa que, en una situación A, una volición VB conducirá a la acción B, mientras que una volición $V\bar{B}$ conducirá a la acción $\bar{B}$. En el caso de indiferencia IB no podemos decir qué acción resultará. Por lo que se refiere a la influencia causal de la volición sobre la acción, en cuanto relación de probabilidad, caracterizamos la libertad de acción mediante las tres relaciones siguientes [5]:

$$P(A.VB,B) \sim 1 \tag{3}$$
$$P(A.V\bar{B},\bar{B}) \sim 1 \tag{4}$$
$$P(A.IB,B) = u \tag{5}$$

En estas expresiones de probabilidad, «A» no representa una situación A aislada, sino la categoría de tales situaciones. «VB», «B», etcétera, deben interpretarse de una forma similar. La probabilidad u en (5) puede tener un valor entre 0 y 1. En las acciones convencionales, como ponerse el zapato del pie izquierdo después de haberse puesto el del derecho, o responder a la pregunta «¿Cómo está usted?» diciendo «Muy bien, ¿y usted?» el grado u será próximo a 1. En este caso, se puede predecir B, en contraste con las actitudes de indiferencia.

Si queremos considerar las relaciones (3)-(4) como una definición de la libertad de acción debemos poder interpretarlas como relaciones condicionales contrarias al acto. El uso de condicionales contrarias al acto constituye, ciertamente, el núcleo del problema de la libertad. Por ejemplo, he decidido visitar a un amigo y así lo hago. ¿Tenía libertad para hacer lo contrario? La respuesta sería: sí, puesto que si

[5] Estamos utilizando la notación de probabilidad desarrollada en *The Theory of Probability*, de HANS REICHENBACH, Berkeley, 1949. El signo $\backsim$ significa "aproximadamente igual".

hubiese decidido no visitar a mi amigo no habría ido a su casa. En este caso estamos verificando una afirmación sobre lo que habría ocurrido si la decisión volitiva se hubiera efectuado en la dirección contraria. El análisis lógico de la libertad implica, en consecuencia, el estudio de situaciones condicionales contrarias al acto.

Hemos desarrollado en otras publicaciones[6] una teoría de las situaciones condicionales contrarias al acto, dentro de la estructura de una teoría general de las afirmaciones normológicas. Esta teoría se refiere a la utilización de aquellas condicionales contrarias al acto que pueden caracterizarse mediante implicaciones formales de clase analítica o sintética. Por ejemplo, las afirmaciones «Si hoy es domingo, mañana será lunes» o «Si una persona toca un cable de alta tensión resultará muerta», pueden emplearse en sentido contrario a los hechos siempre que el antecedente sea falso. Existe, sin embargo, una clase de condicionales contrarias al hecho, que no se prestan a una caracterización mediante implicaciones formales. Estas afirmaciones contrarias a los hechos pueden caracterizarse como implicaciones de probabilidad, que no pueden transformarse en implicaciones formales debido a que la probabilidad de la predicción condicional no es lo bastante elevada. Sin embargo, incluso si esta probabilidad es bastante elevada puede que no queden satisfechas otras condiciones para la introducción de implicaciones formales[7]. En el presente ensayo queremos demostrar que si se caracterizan las implicaciones de probabilidad (3)-(5) como implicaciones formales no pueden interpretarse como condicionales contrarias a los hechos que afirmen la libertad de la conducta humana de una manera que tenga sentido. Ofreceremos la prueba en la sección 5.

Como mencionamos anteriormente, determinadas implicaciones de probabilidad como (3)-(4) pueden ser utilizadas para afirmar condicionales contrarias al acto, incluso aunque no se puedan caracterizar como implicaciones formales. Para este objeto deben introducirse una serie de requisitos que, de ser satisfechos, nos permiten interpretar las relaciones (3)-(4) como condicionales contrarias al acto. Al añadir estos requisitos, las relaciones (3)-(4) pueden utilizarse como definición de libertad de acción.

Las situaciones, voliciones y acciones a que se refieren las voliciones (3)-(4) constituyen fenómenos que tienen cierta posición tem-

---

[6] HANS REICHENBACH, *Elements of Simbolic Logic*, Nueva York, 1947, capítulo VIII; *Nomological Statements and Admisible Operations*, Amsterdam, 1954.

[7] Para una formulación de estas condiciones véase *The Theory of Probability*, págs. 435-436.

poral y cuyas relaciones causales queremos describir. Ya que no nos ocupamos aquí de una teoría general de la causalidad y el tiempo, en la cual se defina el orden del tiempo en términos del orden causal, asumiremos un mundo en el que sean conocidos la posición y orden temporal de estos fenómenos. Nos restringimos de esta manera al problema más sencillo de definir relaciones causales específicas en un mundo así. Dentro de esta estructura, esto es, dentro del mundo macroscópico familiar en que nos desenvolvemos, queremos establecer los requisitos que nos han de permitir construir relaciones (3)-(4) que formulen una influencia causal de la volición sobre la acción.

Asumamos que los fenómenos x, y, z, se observan como unidades espacio-temporales separadas, y que estos fenómenos pueden clasificarse en determinadas categorías G, H, ... Los fenómenos pertenecientes a una categoría pueden sucederse uno a otro en el tiempo. Sin embargo, imponemos el siguiente requisito respecto de la definición de las categorías:

Requisito α: *Las categorías deben codefinirse* [8].

Una categoría G está codefinida cuando es posible lógicamente clasificar un fenómeno x como perteneciente a G, en el mismo momento en que ocurre x. En otras palabras: al observar x debemos ser capaces de decir si x pertenece a G, y al objeto de esta clasificación no debe ser necesario conocer si otros fenómenos determinados y, z, ..., sucedieron antes, después o simultáneamente en sitios distintos. Por ejemplo, la categoría del término «rojo» está codefinida, porque al observar x podemos decir si es rojo o no. Pero la categoría del término «un día que sigue a otro lluvioso» no está codefinida. Para conocer si un día pertenece a esta categoría tenemos que saber si el día anterior fue un día lluvioso. Desde el punto de vista lógico, un término de una categoría codefinida es un predicado unilateral y no una contracción de otro plurilateral. Debe llamarse *codefinición* a una definición que permita hacer coincidir el acto de clasificación con el fenómeno. Muchos términos de categorías están codefinidos, por ejemplo, «casa», «dulce», etc.

El siguiente ejemplo ilustrará la necesidad de este requisito en relación con el problema de la libertad. Si definimos *VB* como la ca-

[8] *The Direction of Time*, pág. 187.

tegoría de las voliciones de efectuar B, que preceden siempre a la realización de B, y $V\bar{B}$ como la categoría de las voliciones de efectuar $\bar{B}$, que preceden siempre a la realización de B, entonces se satisfarían (3)-(4) de una manera superficial, pero no consideraríamos por ello que la acción B era libre. En este caso, ni VB ni $V\bar{B}$ están codefinidas. Por ejemplo, según la definición anterior de BV y $V\bar{B}$, las relaciones (3)-(4) serán igualmente válidas si B consiste en fumar un cigarrillo o lanzar la cara 6 de un dado, pero normalmente llamaríamos libre a la primera acción y no a la segunda. Veremos más razones para el requisito α en relación con el requisito δ, que formularemos más tarde.

Requisito β: Las probabilidades han de ser genuinas [9].

Se necesita este requisito porque una exposición de probabilidad tiene un valor numérico único, solamente si la categoría de referencia no está vacía [10]. Pero la categoría de referencia puede estar vacía. Por ejemplo, puede no ocurrir nunca que un determinado miembro del Partido Demócrata quiera votar por el candidato del partido opuesto. Para excluir los valores de probabilidad irrazonables de tales categorías sin sentido debemos indicar las condiciones que proporcionan probabilidades genuinas.

Una condición es que la categoría de referencia esté abierta. Una categoría de referencia G está *abierta* respecto del atributo M si no está vacía y si aquellos de sus miembros en los cuales hemos confirmado la aparición del atributo M constituyen sólo una pequeña fracción de la categoría total. Una probabilidad $P\ (G,\ M)$ es genuina si su categoría de referencia G está abierta en relación con el atributo M, o si se infiere de un conjunto S de afirmaciones verdaderas, de las cuales no puede inferirse que G esté cerrada.

Pongamos un ejemplo. Asumamos que G está abierta en relación con M y que tenemos

$$P(G,M) = p \tag{6}$$

Las categorías estadísticas usuales son de esta clase. Ahora asumamos que K es una categoría de categorías tal que para la categoría C_1, que es miembro de K, tenemos

$$P(G.C_1,M) = P(G,M) \tag{7}$$

[9] *Nomological Statements and Admisible Operations*, págs. 127-128.
[10] *The Theory of Probability*, pág. 55.

Esta relación puede establecerse confirmándola primero respecto de algunos miembros de K y extendiéndola inductivamente después a todos ellos. Ahora puede ocurrir que la categoría $G.C_1$ esté vacía, aunque C_1 se encuentre en K, pero este hecho no puede inferirse de las afirmaciones anteriores. De aquí que $P(G.C_1,M)$ sea una probabilidad genuina.

Por ejemplo, sea G la categoría de los seres humanos que caen, M la categoría de la gente que mata y K la categoría de las profesiones C_i. Sea C_1 la categoría de los primeros ministros, C_2 la de los generales..., etc. Entonces:

$$P(G,M) = 1 \quad (8)$$
$$P(G.C_1,M) = 1 \quad (9)$$
$$P(G.C_2,M) = 1 \quad (10)$$

y así sucesivamente. Podemos averiguar de este modo, por inducción, que para cualquier categoría C_i, que es parte de la categoría K de las profesiones humanas,

$$P(G.C_i,M) = 1 \quad (11)$$

Pero puede ocurrir que nunca se caiga un primer ministro desde una torre por no hallarse en ella: $G.C_1$ estaría, en consecuencia, vacía, pero $P(G.C_1.M)$ es una probabilidad genuina del grado 1, puesto que es derivable de (11) y también porque no podemos derivar de (11) la vacuidad de $G.C_1$. [11].

Relacionaremos ahora este requisito con el problema de la libertad de acción y demostraremos por qué las probabilidades de las relaciones (3)-(4) tienen que ser genuinas. Consideremos la situación en que un hijo de padres que hablan inglés es educado por ellos en Estados Unidos. Sea A la categoría de tales situaciones y B la de las acciones de comprender el inglés. Intuitivamente no consideraríamos la comprensión del inglés por el niño como una acción libre. No obstante, las relaciones (3)-(4) son válidas, pero (4) no es una probabilidad genuina. La categoría $A.V\bar{B}$ no está abierta (presumimos que está vacía) y no tenemos fundamentos para asignar un valor único a $P(A.V\bar{B},\bar{B})$. Así, pues, vemos que el requisito b excluye de la cate-

[11] No todas las probabilidades genuinas expresan leyes de la Naturaleza. Por ejemplo, las estadísticas de mortalidad sólo son válidas en relación con condiciones sociales específicas. Contienen términos individuales, y por esta razón no las consideramos como leyes de la Naturalcza.

goría de acciones determinados casos a los que no llamaríamos libres intuitivamente.

Puesto que las influencias causales se refieren solamente al futuro, necesitamos el:

Requisito γ: La categoría de referencia debe preceder a la categoría atribuida.

Los elementos de las categorías utilizadas en las expresiones de probabilidad se dan en un orden determinado. Los fenómenos x_1, x_2 ... se suceden en el tiempo y se corresponden, respectivamente, con los fenómenos y_1, y_2, ... de cualquier otra categoría coordenada con la primera[12]. Todos los fenómenos x_i poseen la propiedad G, esto es, pertenecen a la categoría de referencia. Algunos de los fenómenos y_i poseen la propiedad M, esto es, pertenecen a la categoría atribuida. Si todo miembro x_i de G precede temporalmente a cada miembro y_i de la secuencia correspondiente podemos decir que la categoría de referencia precede a la categoría atribuida. (Sin embargo, X_{+1} puede ser posterior a y_i.) Aplicada a las relaciones (3)-(4), esta condición significa que las voliciones VB preceden a las acciones B. Este requisito es necesario, porque, de otro modo, la volición no sería la causa de la acción. Debemos darnos cuenta también de que el análisis del problema de la libertad de acción presupone una teoría de la dirección del tiempo.

Por último, necesitamos el:

Requisito δ: La volición debe ser causalmente relevante a la acción.

Este requisito puede formularse con mayor precisión de esta manera: Las condiciones físicas deben excluir toda codefinición de una subcategoría A_1 de A, que hiciera falsa una de las siguientes relaciones:

$$P(A_1.VB,B) \sim 1 \qquad (12A)$$
$$P(A_1.V\bar{B},\bar{B}) \sim 1 \qquad (12B)$$

La importancia de este requisito puede ilustrarse así. Supongamos que una persona insiste en que el día y la noche están controlados por su voluntad. Cuando el Sol está bajo en el horizonte por el Este, ex-

[12] *The Theory of Probability*, pág. 46.

perimenta la volición de que sea de día, y cuando el Sol está bajo en el horizonte por el Oeste, experimenta la volición de que sea de noche. Resultaría entonces que las relaciones (3)-(4) eran válidas. A fin de demostrar que no existe relación causal entre la volición de la persona y la aparición del día y de la noche dividimos la categoría de referencia A —de las situaciones en las que el Sol está bajo en el horizonte— en dos subcategorías A_1 y A_2; A_1 será la categoría de las situaciones en las cuales el Sol está bajo en el horizonte por el Este, y A_2 la categoría de las situaciones en las que el Sol está bajo en el horizonte por el Oeste. Si utilizamos A_1, según lo definido anteriormente, en (12B), y consideramos VB como la volición de que sea de día, entonces (12B) resultaría ser falsa. Respecto a la situación A_1, una volición hacia el fenómeno $\bar{B}$ no alteraría la probabilidad existente $P(A_1, \bar{B})$, esto es, una volición $V\bar{B}$ no es causalmente relevante a la realización de $\bar{B}$ en la situación A_1. Supongamos, incluso, que la categoría $A_1.V\bar{B}$ está vacía, esto es, que la volición $V\bar{B}$ no tiene lugar nunca en la situación A_1. A pesar de esto, podemos averiguar, mediante inferencias inductivas basadas en otras observaciones relativas a los seres humanos, y a la aparición del día y de la noche, que la probabilidad del nacimiento del día (B) cuando el Sol está bajo en el horizonte por el Este (A_1), permanece idéntica, sea cual fuere la volición de la persona en la situación A_1.

Esto es,

$$P(A_1,B) = P(A_1.VB,B) = P(A_1.V\bar{B},B) \sim 1 \text{ y}$$
$$P(A_1,\bar{B}) = P(A_1.V\bar{B},\bar{B}) = P(A_1.VB,\bar{B}) \sim 0.$$

$P(A_1.V\bar{B},\bar{B})$ constituye todavía una probabilidad genuina; por tanto, vemos que es necesario el requisito δ.

Debe notarse que el requisito δ se relaciona con los requisitos α y β. De otro modo, sería siempre posible una subcategoría A_1 de A que contradijese (12A) o (12B). Si definiésemos A_1 como la subcategoría de A consistente en situaciones seguidas del fenómeno B, entonces (12B) sería falsa. La categoría de referencia $A_1.V\bar{B}$ de (12B) no necesita incluso estar vacía, puesto que las relaciones (3)-(4) son puramente estadísticas. Puede suceder ocasionalmente que una volición VB se vea seguida de la acción B, pero esta categoría A_1 no está codefinida, puesto que la clasificación de una situación x_1 de la categoría A en la categoría A_1 no puede efectuarse en el momento de ocurrir x_1,

sino que debe aplazarse hasta que se haya observado el fenómeno a que se refiere la definición de A_1 [13].

Recordemos que nuestro objetivo es el de utilizar relaciones (3)-(4) en la definición de la libertad de acción, esto es, queremos ser capaces de construirlas en el sentido de que formulasen una influencia causal de la volición sobre la acción. Este objetivo ha sido alcanzado mediante la adición de los requisitos α y δ. Los requisitos α y δ nos permiten interpretar las relaciones (3)-(4) como condicionales contrarias al acto de una clase especial. Debido a estos requisitos, las relaciones (3)-(4) expresan una situación causal y condicional contraria al acto, esto es, nos dicen cuál sería el efecto si la causa fuera diferente. Formulan una afirmación de relevancia causal, según la cual la volición es causalmente relevante a la acción. En consecuencia, damos la siguiente definición:

Definición 1. Una acción B es *libre* en una situación A en la que sean válidas las relaciones (3)-(4) y se cumplan los requisitos α y δ.

Quisiéramos añadir algunas observaciones psicológicas. Podemos llamar *confianza inductiva* al sentimiento que asociamos a una afirmación de probabilidad que satisface los requisitos α y δ. Es el sentimiento intuitivo que experimentamos al aceptar creencias basadas en inducciones. No sostenemos que la confianza inductiva pueda ser utilizada como base para argumentos lógicos, ni pensamos que la teoría de la probabilidad y la inducción presupongan dicha confianza en ninguna de sus conclusiones. Pero puede utilizarse el fenómeno psicológico de la confianza inductiva como criterio para encontrar una explicación adecuada a las condicionales contrarias al acto. Si conseguimos definir en términos lógicos una categoría de afirmaciones que coincida con la categoría de afirmaciones asociada con la confianza inductiva habremos logrado la correspondencia con la utilización del lenguaje corriente. La justificación de este uso deriva de las propiedades lógicas de aquellas afirmaciones de esta categoría que satisfacen la condición siguiente: si el antecedente de la afirmación fuera ver-

[13] En lugar de referirnos a la realización del fenómeno B en la definición de A_1 podríamos referirnos a un fenómeno C que se encontrase causalmente entre VB y B y que fuese de tal clase que implicase prácticamente el fenómeno B. Se definiría entonces A_1 sin referencia explícita a B, y, sin embargo, se contradiría (12B) Esta definición no sería tampoco una codefinición. En el ejemplo del día y de la noche, C podría consistir en la desaparición de las estrellas.

dadero, su conclusión estaría garantizada por una inferencia inductiva. A esta condición el requisito δ añade, además, que la volición no debe repercutir en la conclusión, esto es, que su función en cuanto antecedente no puede ser adoptada por otros factores simultáneos a ella.

Si las relaciones de probabilidad (3)-(4) (la relación (5) está vacía y puede omitirse) satisfacen los requisitos α y δ, puede interpretarse que establecen lo siguiente:

Si hubiese tenido lugar una volición, dicha volición habría influido en la acción.

Llamaremos *condicional de la libertad* a esta afirmación, que constituye una condicional contraria al acto. Si es verdadera, la volición se llama *eficiente*. Por el contrario, la definición establecida mediante las relaciones (3)-(4) en combinación con los requisitos α y δ será llamada *condición de la libertad*. De acuerdo con esta terminología, se puede establecer la condicional de la libertad mediante la condición de la libertad, que consiste en una condición formal, formulada en las relaciones (3)-(4), y en condiciones metalingüísticas de interpretación, representadas por los requisitos α y δ. La condición de la libertad completa, establecida en la definición 1, puede formularse, en consecuencia, de esta manera:

Una acción es libre si hubiera podido ser influida por una volición anterior.

Podemos preguntar ahora si somos capaces de efectuar alguna predicción cuando no sabemos nada de la actitud volitiva de una persona. Existen muchos ejemplos en los cuales podríamos predecir el resultado B, incluso en estos casos. Por ejemplo, no sabemos si el señor X tiene algún plan deliberado de contestar a la pregunta del señor Y «¿Cómo está usted?» Sin embargo, estaríamos dispuestos a predecir que respondería mediante la contestación convencional. En este caso, la expresión de probabilidad sería:

$$P(A,B) \sim 1 \qquad (13)$$

Esta relación es compatible con las relaciones (3)-(5), cualquiera que sea el valor de u, en particular cuando el valor de u se aproxima a 1. Se requiere simplemente que el caso $V\bar{B}$ no ocurra demasiado

a menudo, pero la probabilidad de $P(A,V\bar{B})$ no tiene por qué ser 0 [14].

Las relaciones (3)-(5) y (13) expresan el hecho de que una acción puede ser libre, y, sin embargo, predecible, y explican así completamente el uso práctico del término «libre».

Volvamos ahora a la definición de una acción no libre. Esta definición difiere de la acción libre respecto del requisito δ, mientras que los requisitos α y γ siguen vigentes. Formulemos, pues, la siguiente definición:

Definición 2. Una acción B no es libre en una situación A si la categoría de las situaciones A puede dividirse en dos únicas y exhaustivas subcategorías A_1 y A_2, de modo que rijan las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} P(A_1.VB,B) &= p \\ P(A_1.V\bar{B},B) &= p \\ P(A_1.IB,B) &= p \end{aligned} \qquad (14_A)$$

$$\begin{aligned} P(A_2.VB,B) &= q \\ P(A_2.V\bar{B},B) &= q \\ P(A_2.IB,B) &= q \end{aligned} \qquad (14_B)$$

---

[14] La restricción impuesta sobre esta probabilidad puede ser simbólicamente de esta forma:

$$P(A,VB) = a_1 \quad P(A,V\bar{B}) = b_1 \quad P(A,IB) = c_1 \quad P(A.VB,B) = 1 - a_2$$
$$P(A.V\bar{B},\bar{B}) = 1 - b_2 \quad P(A.IB,B) = 1 - c_2 \quad P(A,B) = 1 - d_2$$

La regla de eliminación (*The Theory of Probability*, pág. 76) nos proporciona:

$$1 - d_2 = a_1(1 - a_2) + b_1 b_2 + c_1(1 - c_2)$$

Si eliminamos c_1, mediante el uso de la relación $a_1 + b_1 + c_1 = 1$, y despejamos b_1, encontramos que

$$b_1 = \frac{d_2 - c_2(1 - a_1) - a_1 a_2}{1 - b_2 - c_2}$$

y, de este modo,

$$b_1 \leq \frac{d_2}{1 - b_2 - c_2}$$

La desigualdad ocurre porque las cantidades utilizadas están comprendidas entre 0 y 1. Si los valores b_2, c_2 y d_2 son menores que una cantidad pequeña dada δ (el valor a_2, de ser entonces también $< \delta$, ya se puede demostrar fácilmente que $a_2 \leq d_2$, tenemos:

$$b_1 \leq \frac{\delta}{1 - 2\delta} \quad \text{o, prácticamente,} \quad b_1 \leq \delta$$

Si $\delta = 0$, esto es, si se sustituyen las igualdades aproximadas (3) — (5) y (13) por igualdades estrictas, tenemos que $b_1 = 0$. Pero, de otra forma, b_1 no necesita ser 0.

El ejemplo siguiente servirá para aclarar esta idea. Sea A el «nacimiento de niños»; A_1 un «nacimiento aislado»; A_2 un «nacimiento múltiple» y B los «chicos». Puede verse fácilmente que la volición de la madre no tendrá influencia causal sobre el nacimiento de un chico, esto es, la probabilidad respecto de los tres casos de (14A) y de los otros tres de (14B) sería idéntica. (14A) y (14B) deben satisfacer, sin embargo, los requisitos α y γ. La categoría A_1 o la categoría A_2 pueden ser idénticas a A; se omitirá entonces el primero o segundo conjunto de relaciones (14).

Si se cumple la definición 2, la volición es causalmente irrelevante a la acción. Debe notarse que la irrelevancia causal no equivale simplemente a la negación de la relevancia causal. La negación requeriría únicamente que una de las relaciones (12A)-(12B) fuese falsa, mientras que la irrelevancia causal requiere que el grado de probabilidad p o q de las relaciones (14A) o (14B) sea el mismo, respectivamente.

Entre las acciones libres y las que no lo son existen acciones que son libres hasta cierto grado. En este caso, deben sustituirse las relaciones (3)-(5) por las relaciones

$$\begin{aligned} P(A.V\bar{B},B) &= p_1 \\ P(A.V\bar{\bar{B}},B) &= p_2 \\ P(A.I\bar{B},B) &= p_3 \end{aligned} \tag{15}$$

Por ejemplo, si aceptamos la teoría de la interdependencia psicosomática habremos de decir que la voluntad de recuperación por parte del enfermo influye de algún modo en su restablecimiento y que el grado de probabilidad del mismo es función, hasta cierto punto, de su actitud hacia él.

Deben cumplirse de nuevo los requisitos α y γ. El requisito δ se sustituye por el de que no pueda codefinirse ninguna subcategoría A_1 de A, de modo que una de las siguientes relaciones resulta falsa:

$$\begin{aligned} P(A_1.V\bar{B},B) &= p_1 \\ P(A_1.V\bar{\bar{B}},B) &= p_2 \\ P(A_1.I\bar{B},B) &= p_3 \end{aligned} \tag{16}$$

Se supone que los valores p_1, p_2 y p_3 en (16) son los mismos que en (15).

Si $p_1 > 1 - p_2$, la volición es positivamente relevante respecto de B, hasta cierto punto; si $p_1 < p_3$, la volición tiene una influencia negativa sobre B. Un ejemplo de este último caso es la conocida experiencia del efecto negativo que sobre la rememoración de un nombre momentáneamente olvidado tiene el esfuerzo deliberado de recordar-

lo. En este ensayo, sin embargo, no nos ocuparemos de aquellas situaciones en las que la volición tiene una influencia parcial.

Resumamos brevemente las conclusiones expuestas en esta sección, en la que hemos tratado de explicar las acciones libres dentro de la estructura de una causalidad probabilista. Formulamos las distintas actitudes que podía experimentar una persona hacia una acción, y distinguimos la actitud volitiva de una persona de la situación general en que se encuentra. Procedimos entonces a establecer las relaciones de probabilidad que describen la influencia causal de la volición sobre la acción. Demostramos que tenían que interpretarse estas relaciones como condicionales contrarias al acto, en el caso de que se hubieran de utilizar como definición de la libertad de acción. Con este objeto añadimos un número de requisitos a los que se debían ajustar dichas relaciones, y sobre esta base formulamos la condicional de la libertad, la cual, si es verdadera, expresa la eficiencia de la volición.

Hemos demostrado también que se pueden predecir las acciones, aunque no se conozca en absoluto la actitud volitiva de la persona. Al final de la sección establecimos las relaciones de probabilidad que se requerían en el caso de una acción no libre y en el de la influencia parcial de la volición sobre la acción.

5

Nos ocuparemos ahora de la solución que ofrece la interpretación determinista de la causalidad al problema de la libertad de acción. En esta interpretación se sustituyen las afirmaciones que expresan un alto grado de probabilidad por implicaciones formales bilaterales. Dado que en un caso de acción libre queremos afirmar que la volición tiene una influencia causal sobre la acción, se deben poder interpretar las implicaciones que expresan las relaciones entre la volición y la acción como condicionales contrarias al hecho. No pueden concebirse, por tanto, como implicaciones sustanciales ni como auxiliares[15], porque tales implicaciones son siempre verdaderas cuando el antecedente es falso. De aquí que expresemos la relación causal mediante implicaciones *nomológicas funcionales no verdaderas*, siendo del caso hacer una breve exposición de esta clase de implicaciones[16].

---

[15] HANS REICHENBACH, *Elements of Symbolic Logic*, Nueva York, 1947, páginas 28-32.

[16] Para una exposición detallada véase *Nomological Statements and Admisible Operations*, que constituye una versión revisada de lo establecido en *Elements of Symbolic Logic*, cap. VIII. La discusión de las implicaciones contrarias se efectúa sólo en la última obra, cuyas conclusiones se dan por supuestas en el presente análisis.

Primero debemos definir una categoría de *afirmaciones nomológicas originales* que contengan leyes de la lógica y leyes de la Naturaleza. Basándonos en las afirmaciones nomológicas originales construimos la categoría de las *afirmaciones nomológicas derivadas* o *afirmaciones nomológicas en el más amplio sentido;* comprende todas aquellas afirmaciones que se derivan de conjuntos de afirmaciones de la primera categoría. Unicamente aquellas afirmaciones sintéticas que se prestan a confirmación inductiva satisfacen los requisitos que definen a estas dos categorías. Puede demostrarse que, para la definición de «implicación razonable», la categoría de las afirmaciones nomológicas originales es demasiado limitada, mientras que es demasiado amplia la de las afirmaciones nomológicas derivadas. Dentro de la categoría de las afirmaciones nomológicas derivadas se define, por consiguiente, una subcategoría de *afirmaciones nomológicas en el sentido más estricto* o *afirmaciones admisibles.* Al objeto de explicar la noción de implicaciones admisibles, esto es, implicaciones que se pueden interpretar como predicciones o asertos contrarios a los hechos, se introduce la siguiente terminología:

1. Las afirmaciones verdaderamente fácticas son *verdades de primer orden.*

2. Las afirmaciones nomológicas sintéticas son *verdades de segundo orden.*

3. Las afirmaciones nomológicas analíticas son *verdades de tercer orden.*

Si S es una verdad de orden K, la negación de S constituye una falsedad de orden K. Un conjunto de afirmaciones tiene el orden de la afirmación de categoría más baja contenida en él. Una afirmación tiene el orden del conjunto de orden más alto del que puede derivarse. La operación fundamental de una afirmación nomológica se llama *operación conectiva en el sentido más amplio.*

Uno de los requisitos de las implicaciones admisibles es el de que el antecedente no debe tener el mismo orden de falsedad o un orden superior al de la implicación verdadera. Estas implicaciones se llaman *conectivas en el sentido más restringido.*

Para las implicaciones conectivas en el sentido más amplio utilizamos un acento grave. La afirmación «$a \grave{\supset} b$» significa lo mismo que la afirmación metalingüística «'$a \supset b$' es nomológica en el sentido más amplio». Existen dos formas de implicaciones conectivas en el sentido más restringido. La primera, llamada *implicación admisible,* se escribe con un acento agudo. La afirmación «$a \grave{\supset} b$» significa lo mismo que la afirmación metalingüística «'$a \supset b$' es una afirmación admisible».

La segunda forma, llamada *implicación propia*, se representa por medio de una flecha. La afirmación «$a \rightarrow b$» es verdadera si «$a \supset b$» es admisible, y es falsa si es admisible «$a \supset \bar{b}$». En todos los demás casos carece de sentido.

Ambas formas de implicaciones conectivas en el sentido más estricto son adecuadas para la expresión de condicionales contrarias al hecho. Permiten afirmar tal condicional únicamente si la implicación constituye una verdad de orden superior a aquella cuyo antecedente es falso. Si una implicación es sintética y verdadera de segundo orden, sólo puede interpretarse como condicional contraria al hecho si su antecedente es falso, en todo caso, de primer orden. Las condicionales contrarias al hecho corrientes son de esta clase. Por ejemplo, la siguiente es a la vez una implicación admisible y propia: «Si este cable telefónico no estuviera sujeto se caería». Esta implicación es una verdad de segundo orden, porque se deriva de una ley de la Naturaleza, pero su antecedente es falso de una manera puramente fáctica y, por tanto, falso de primer orden. La implicación es admisible, por consiguiente, y se puede sostener que es cierta. La implicación contraria: «Si este cable telefónico no estuviera sujeto no se caería» es falsa si se considera como una implicación representada por un acento o por una flecha, aunque sería verdadera si se construyese como una implicación material, ya que el antecedente es falso. Esta implicación material, sin embargo, sólo es verdadera de primer orden, mientras que la implicación original lo es de segundo. Si dos implicaciones contrarias son verdaderas del mismo orden, puede demostrarse que ninguna de ellas es una implicación admisible o propia. Esta conclusión hace que las implicaciones admisibles y propias sean adecuadas en relación con las condicionales contrarias al hecho, y garanticen la no ambigüedad de una condicional contraria al hecho, esto es, que no conduzca a afirmaciones contradictorias si el antecedente es verdadero.

En contraste, consideremos la siguiente afirmación: «Si las masas se atraen recíprocamente en proporción inversa a la distancia, este cable telefónico se caería». Si se considera como una implicación material, es verdadera de segundo orden, puesto que el antecedente es falso de segundo orden. Dado que el orden de verdad de la implicación es el mismo que el de falsedad del antecedente, la implicación no es admisible. Sin embargo, considerada como una implicación propia la afirmación tiene sentido, puesto que la implicación contraria «Si las masas se atraen recíprocamente en proporción inversa a su distancia este cable telefónico no se caería» no es admisible tampoco. Al decir que esta implicación carece de sentido parece que nos aproxi-

mamos al lenguaje corriente. Dudaríamos en afirmar lo que sucedería en tal caso, porque no podemos saber los cambios que la mecánica de los cuerpos sólidos experimentaría si la ley de Newton fuera falsa. Utilizaremos, por consiguiente, implicaciones propias en la siguiente discusión. Las conclusiones se pueden transcribir fácilmente en lo que respecta a las implicaciones admisibles.

6

Volvamos ahora al problema de la acción libre. En una interpretación determinista de la causalidad, las relaciones (3)-(5) se expresan mediante implicaciones formales funcionales no verdaderas, que representan afirmaciones nomológicas en el sentido más amplio:

$$A.VB \supset B \tag{17}$$
$$A.V\bar{B} \supset B \tag{18}$$
$$A.IB \supset ? \tag{19}$$

Dichas relaciones deben cumplirse, puesto que los deterministas quieren expresar que la volición es causa de la acción según una ley de la Naturaleza. Sin embargo, para poder interpretar estas relaciones como condicionales contrarias al hecho, debe exigirse que sean válidas las correspondientes implicaciones propias, esto es, que dichas relaciones puedan ser formuladas de la manera siguiente:

$$A.VB \rightarrow B \tag{20}$$
$$A.V\bar{B} \rightarrow B \tag{21}$$
$$A.IB \rightarrow ? \tag{22}$$

Estas relaciones afirman: si existiese una volición hacia B o $\bar{B}$, tendría lugar, respectivamente, B o $\bar{B}$. Esta condicional expresa, evidentemente, el significado de la libertad de acción. Como en el caso anterior, puede llamarse *eficiente* a una volición que satisfaga las relaciones (20)-(22). Ponemos un signo de interrogación en (22) porque, como en (5), no podemos saber generalmente lo que sucederá en un caso de indiferencia. En un caso particular, pongamos en el caso de una acción convencional, puede ocurrir muy bien que se coloque una «B» en el lugar del signo de interrogación.

Esta interpretación parece razonable y los partidarios de una causalidad determinista se refieren a ella a menudo. En los casos de acciones libres la volición es una parte de la causa, o, en otras palabras,

la decisión deliberada constituye uno de los eslabones de la cadena causal. De momento, por tanto, la interpretación determinista de la libertad parece admisible. Se plantea, sin embargo, una seria dificultad tan pronto como se incluya la relación (13) en la cadena causal.

Esta relación tendría que expresarse:

$$A \supset B \tag{23}$$
$$A \supset \bar{B} \tag{24}$$

Las relaciones (23)-(24) significan que B o $\bar{B}$, respectivamente, se derivan de la situación A sola. Si una de estas relaciones es verdadera, podemos deducir de (17)-(19) que las relaciones (20)-(22) ya no son válidas. Para probar esta conclusión asumamos que (23) es verdadera. Utilizando la regla (a la que llamaremos *principio de invariabilidad* de la implicación) de que una implicación sigue siendo verdadera respecto de especificaciones adicionales del antecedente, derivamos de (23)

$$A.V\bar{B} \supset B \tag{25}$$

que constituye la implicación contraria a (18). Puesto que (25) se ha derivado de (23), es una verdad de segundo orden, y, por consiguiente, del mismo orden que (18). Sin embargo, dijimos antes que si dos implicaciones contrarias son verdaderas, ninguna de ellas es admisible.

Podemos probarlo también de una manera directa, como sigue: Dado (18)

$$A.V\bar{B} \supset \bar{B}$$

y (25)

$$A.V\bar{B} \supset B$$

podemos derivar

$$\overline{(A.V\bar{B})}$$

esto es:

$$A \supset \overline{V\bar{B}} \tag{26}$$

Esta conclusión quiere decir que el antecedente de (18) y (25) es falso de segundo orden, o, en otras palabras, que, en una situación A, es físicamente imposible una volición hacia $\bar{B}$. Expresado de otra manera: el orden de verdad de las implicaciones es el mismo que el de falsedad de su antecedente y, por consiguiente, no son admisibles. Se sigue de la definición de implicación propia que las relaciones (20)-(22) carecen de sentido. Si en un mundo determinista se puede predecir la acción B sobre la base de la situación A sola, sin referencia

a la volición, según lo expuesto en (23), entonces las relaciones (17)-(19), aun siendo verdaderas todavía, no pueden expresarse en la forma (20)-(22) y, por consiguiente, no pueden ser interpretadas como condicionales contrarias al hecho. En este caso, carece de sentido decir que una volición en dirección opuesta hubiese causado la acción contraria.

La consideración de un ejemplo análogo, tomado de la física, puede servir para aclarar esta idea. Sea A: Existe un refrigerador cuya temperatura interna es de 4° C y en el cual se ha dejado un vaso de agua durante algún tiempo[17]. Sea C: El agua en ese vaso está a 4° C. Entonces podemos predecir E: El agua en el vaso presenta su mayor densidad, esto es,

$$A.C \supset E \tag{27}$$

constituye una afirmación nomológica derivada. Ahora podemos formular el hecho contrario: Si el agua del vaso no se encuentra a 4° C no presentará su mayor densidad, esto es,

$$\bar{C} \supset \bar{E} \tag{28}$$

constituye también una afirmación nomológica derivada, que es admisible por ser verdadera de segundo orden, mientras que su antecedente es falso de primer orden.

Pero la siguiente es también una afirmación nomológica derivada: Si existe un refrigerador cuya temperatura interna es de 4° C y en el que se ha dejado un vaso de agua por algún tiempo, ese agua presentará entonces su mayor densidad, esto es, tenemos

$$A \supset E \tag{29}$$

Utilizando el principio de invariabilidad de la implicación podemos deducir ahora dos implicaciones contrarias. De la (28) podemos deducir

$$A.\bar{C} \supset \bar{E} \tag{30}$$

y de la (29) podemos derivar

$$A.\bar{C} \supset E \tag{31}$$

[17] Si se prefiere una descripción de A sin referencia al intervalo temporal, se tendría que sustituir la frase "dejado durante algún tiempo" por la descripción del estado de las moléculas de agua en el vaso.

Las dos implicaciones contrarias son verdaderas del mismo orden. En consecuencia, ninguna de ellas es admisible. Podemos decir también que el antecedente de (30) y (31) es falso de segundo orden, esto es, que «$A.\bar{C}$» describe un estado fáctico físicamente imposible y, por consiguiente, no son admisibles (30) y (31). Carecería de sentido decir: Si en la situación A el agua del vaso no se encontrase a 4° C no presentaría su mayor densidad.

Este ejemplo nos proporciona la oportunidad de hacer algunas observaciones relativas a las modalidades[18]. Mediante afirmaciones nomológicas analíticas podemos definir modalidades lógicas, y mediante afirmaciones nomológicas sintéticas podemos definir modalidades físicas. Restringiremos nuestro análisis a las modalidades físicas, debido a su importancia en el problema de la libertad.

Las modalidades se utilizan en relación a hechos o situaciones. En el lenguaje ordinario se utilizan términos modales tanto en sentido absoluto como relativo. Por consiguiente, distinguiremos entre modalidades absolutas y relativas. Decimos, por ejemplo, «Es necesario que el agua presente su mayor densidad a 4° C», o «Es posible hacer que el agua alcance su punto de ebullición». Las modalidades son absolutas, puesto que en estas afirmaciones no se hace referencia a otros hechos o condiciones especiales. Sin embargo, un análisis de las circunstancias ambientales nos puede llevar a decir «En la situación A, esto es, en un refrigerador a 4° C, es imposible que hierva el agua». Aquí estamos utilizando una modalidad relativa, puesto que queremos decir «es imposible que hierva el agua en relación con la situación A». Puesto que estamos utilizando modalidades en nuestra explicación de los hechos contrarios razonables, con referencia a la libertad de acción y al libre albedrío, es importante advertir que tanto en el lenguaje ordinario como en el científico se utilizan ambas clases de modalidades y que constituiría un error creer que se puede prescindir de una de ellas. La labor del lógico no es la de dar normas relativas al uso de tales conceptos. Su única preocupación es la de aclarar su significado. En las salas de justicia tiene lugar, por ejemplo, un empleo muy importante de modalidades relativas, cuando la defensa trata de establecer una coartada. El abogado no alega que fuese imposible que el acusado cometiera el crimen, sino que era imposible que lo cometiera en Los Angeles, en el mismo momento en que se encontraba en Washington.

---

[18] *Elements of Symbolic Logic*, sección 65.

En las siguientes definiciones de modalidades absolutas y relativas «nomológico» significa «nomológico en el sentido más amplio».

Definición de modalidades físicas absolutas.

p es necesario físicamente $=_{Df}$, la sentencia que describe p es una afirmación nomológica.

p es imposible físicamente $=_{Df}$, la negación de la sentencia que describe p, es una afirmación nomológica.

p es físicamente posible $=_{Df}$, ni la sentencia que describe p ni la negación de la sentencia que describe p son una afirmación nomológica.

Definición de las modalidades físicas relativas.

q es necesaria físicamente en relación con $p =_{Df}$, existe una afirmación nomológica n tal, que la sentencia que describe q se deriva de la conjunción de n y de la sentencia que describe p.

q es imposible físicamente en relación con $p =_{Df}$, existe una afirmación nomológica n tal, que la negación de la sentencia que describe q se deriva de la conjunción de n y de la sentencia que describe p.

q es posible físicamente en relación con $p =_{Df}$, no existe una afirmación nomológica n tal, que la sentencia que describe q o la negación de la sentencia que describe q se deriven de la conjunción de n y de la sentencia que describe p.

Cuando decimos «$V\bar{B}$ habría sido posible» estamos utilizando una modalidad absoluta. Pero se requieren modalidades relativas en el caso de que la acción B pueda predecirse sobre la base de la situación A sola, porque queremos decir que $V\bar{B}$ es imposible en relación con la situación A si se asume el determinismo. En tal caso no carece de sentido decir «podría haber tenido lugar la volición $V\bar{B}$ en lugar de la VB».

Para poder tratar la dificultad discutida en las páginas 208-209 y asegurarnos de que las relaciones (17)-(19) se pueden interpretar como una definición de la libertad de acción y expresar mediante relaciones (20)-(22) se debe añadir el requisito siguiente. Este requisito des-

empeña, respecto de la interpretación determinista, una función similar a la del requisito *b* en relación con la concepción probabilista.

Requisito ε: *Las combinaciones A.VB y A.V$\bar{B}$ no deben ser imposibles físicamente.*

En otras palabras: no deben existir afirmaciones nomológicas de la forma

$$A \supseteq \overline{VB} \text{ o } A \supseteq \overline{V\bar{B}} \tag{32}$$

Este requisito, introducido aquí a fin de poder interpretar las relaciones (17)-(18) como condicionales contrarias al hecho, es conforme con el sentido común. Decir que en la situación *A* una volición habría influido en la acción sólo es razonable si era posible, en dicha situación, una volición en cualquier sentido.

Debe notarse que una afirmación sobre la ausencia de libertad presupone también el requisito ε. Si la acción *B no* es libre, tenemos:

$$A.VB \supseteq B \tag{33}$$
$$A.V\bar{B} \supseteq B \tag{34}$$
$$A.IB \supseteq B \tag{35}$$

La relación (23) se deriva de estas afirmaciones y, por consiguiente, es compatible con la ausencia de libertad. No obstante, si se han de interpretar las relaciones (33)-(35) como ausencia de libertad de acción, tienen que interpretarse como condicionales contrarias al hecho. Debe ser posible decir: «Si existiese una volición *VB* en la situación *A*, tendría lugar *B*»; «Si existiese una volición *V*$\bar{B}$ en la situación *A*, tendría lugar *B*»; «Si existiese una indiferencia hacia *B* en la situación *A*, tendría lugar entonces *B*». Esta interpretación requiere que los antecedentes no sean imposibles físicamente. De otro modo, podrían establecerse igualmente las implicaciones contrarias como afirmaciones nomológicas.

Por consiguiente, el determinista debe distinguir entre tres clases de acciones: libres, no libres y neutras. Las acciones *neutras* son aquellas respecto de las cuales es válida una de las condiciones (32), esto es, respecto de las cuales no se cumple el requisito ε. En las acciones neutras la condicional de la libertad (esto es, la afirmación «Si hubiese tenido lugar la afirmación contraria habría causado la acción opuesta», simbolizada por las implicaciones en forma de flecha (20)-(22) carece de sentido, puesto que no es posible en tales acciones una

confirmación de la condicional. Mencionamos antes (páginas 204-205) que las afirmaciones nomológicas sintéticas han de prestarse a confirmación inductiva. Aunque la relación (18) puede ser verdadera todavía, la violación del requisito ε nos impide considerarla como una condicional contraria al hecho.

Distinguimos la *condicional de la libertad* de la *condición de la libertad*, que, para el determinismo, se da en las relaciones (17)-(18) en combinación con el requisito ε. Al no cumplirse el requisito : en las acciones neutras, no se satisface la condición de la libertad respecto de tales acciones. Por consiguiente, tiene sentido, e incluso es cierto, decir que las acciones neutras son libres.

Debe distinguirse cuidadosamente entre las acciones neutras y las indiferentes, simbolizadas estas últimas por «IB». Si las relaciones (32) no son válidas, esto es, si se cumple el requisito ε, tiene sentido decir, respecto de una acción indiferente, que en lugar de la indiferencia hubiera podido ocurrir una volición VB o $V\bar{B}$, que hubiera originado la acción correspondiente. Esta condicional contraria al hecho se expresa entonces mediante relaciones (20)-(22).

Hemos señalado que es la ley causal estricta (23) o (24) la que hace que tenga sentido hablar de eficiencia volitiva. Si la situación A es de tal clase que bien $A \supsetneq B$ o $A \supsetneq \bar{B}$ son válidas, no podemos hablar entonces de eficiencia volitiva y, en consecuencia, no existe libertad de acción en dicha situación. A la inversa, si tiene sentido decir que una volición es eficiente, esto es, si la acción no es neutra, no se puede determinar la acción mediante una ley causal estricta que no se refiera a la volición, tal como las relaciones (23)-(24). La libertad de acción excluye una ley causal estricta que puede establecerse sin referencia a la volición.

Hemos llegado a esta conclusión asumiendo que la eficiencia volitiva ha de expresarse mediante una implicación propia simbolizada mediante una flecha. Pero nuestra conclusión no se restringe a esta forma particular de implicación razonable. Si utilizamos implicaciones admisibles en (20)-(22) en lugar de implicaciones propias, esto es, si sustituimos el símbolo «$\rightarrow$» por el símbolo «$\supsetneq$», llegamos a la conclusión de que la afirmación sobre la eficiencia de la volición es falsa, y no a la de que carezca de sentido. Esta interpretación no difiere esencialmente de la primera. Sin embargo, no existe ningún modo de construir una interpretación en la que se pueda afirmar la eficiencia de la volición si son válidas las relaciones (23)-(24). Aunque las relaciones (17)-(19) continúen siendo verdaderas, si (23) es

cierta no se pueden interpretar como condicionales contrarias al hecho, porque, si (23) es verdadera, las dos implicaciones contrarias (21) y (25) son verdaderas del mismo orden. Cualquiera que sea la interpretación utilizada respecto de las condicionales contrarias a los hechos, tendrán que cumplir el requisito de la no ambigüedad; no pueden, pues, admitirse las dos implicaciones contrarias en esta interpretación. Si se acepta este requisito, nuestra conclusión es independiente de las propiedades especiales de la implicación propia, asumidas en este análisis.

7

Con objeto de anticiparnos a algunas críticas sobre nuestras explicaciones nos gustaría investigar con más detalle acerca de la posibilidad de representar la volición causal entre la volición y la acción mediante implicaciones formales en términos de conexiones en forma de flecha.

Dijimos que se deben poder interpretar las relaciones (17)-(18) como condicionales contrarias al hecho si queremos que sirvan de definiciones de la libertad de acción. Por consiguiente, debe ser posible expresarlas mediante implicaciones propias (20)-(21). Las relaciones (20)-(21) constituyen la condicional de la libertad en la interpretación determinista de la causalidad. Veamos bajo qué condiciones puede mantenerse en esta forma.

Existe una transición continua desde el desear al querer y al estar dispuesto a una acción *B*. Si englobamos estos tres estados en «*W*» tenemos simplemente

$$P(A.WB,B) > P(A,B) \tag{36}$$

Esta probabilidad no necesita ser elevada. Sin embargo, podemos llegar, finalmente, a un estado en que nos decidamos por la acción *B* y la decisión volitiva *VB* se vea seguida por la acción *B*.

Esta afirmación debe cualificarse diciendo que la acción *B* puede ser de tal clase que no seamos siempre capaces de llevarla a cabo. Podemos decidir ir al teatro, pero sobreviene un accidente; podemos decidir participar en una carrera, pero hallarnos totalmente agotados después de haber recorrido la mitad de la distancia. En todos estos casos tenemos simplemente, como antes,

$$P(A.VB,B) > P(A,B) \tag{37}$$

En estas circunstancias somos libres hasta cierto grado para efectuar la acción *B*. Sin embargo, en todos estos casos, podemos, por lo menos, iniciar algunos pasos encaminados a la acción; podemos abandonar nuestra casa en dirección al teatro o comenzar a correr en la pista. Cuando seleccionamos en la cadena causal un eslabón inicial adecuado para *B*, que sea distinto de la volición *VB*, podemos siempre realizar la acción *B*. En estas condiciones podemos sustituir la elevada probabilidad de (12A) y (12B) por una implicación en forma de flecha y establecer la condicional de la libertad (20) y (21) de esta forma:

$$A.VB \rightarrow B$$
$$A.V\bar{B} \rightarrow \bar{B}$$

Si no existe $V\bar{B}$ ni VB hablamos de indiferencia. Realmente, no sería necesario el símbolo especial «*IB*» para denotar indiferencia, puesto que sería equivalente a «$VB \vee V\bar{B}$».

Dado que la versión determinista ($A \rightarrow B$) del caso en que se puede predecir una acción *B* sobre la base de una situación *A* sola, sin referencia a la volición, conduce a implicaciones contrarias, debido al principio de invariabilidad, y ha de abandonarse, si se quiere retener la condicional de la libertad, podemos sustituirla por (13)

$$P(A,B) \sim 1$$

(13) es válida, por ejemplo, en relación con acciones convencionales que pueden predecirse sin conocer en absoluto el estado volitivo de la persona. Además de (13), y en contraste con $A \rightarrow B$, podemos tener, sin embargo,

$$A.\overline{VB \vee V\bar{B}} \rightarrow B \qquad (38)$$

La relación (38) dice: Dada una situación *A* e indiferencia hacia *B*, esto es, ni una volición hacia la acción *B*, ni una volición hacia la acción $\bar{B}$, ocurrirá la acción *B*. Por ejemplo, en circunstancias ordinarias (*A*), si yo no quiero ni respirar (*VB*) ni dejar de respirar ($V\bar{B}$), acabaré por respirar.

De (38) y (21) podemos deducir, respectivamente,

$$A.\overline{VB}.\overline{V\bar{B}}.V\bar{B} \rightarrow B \qquad (39A)$$
$$A.\overline{VB}.\overline{V\bar{B}}.V\bar{B} \rightarrow \bar{B} \qquad (39B)$$

Pero encontramos que el antecedente en ambos casos constituye una contradicción; es falso de tercer orden y las implicaciones, en consecuencia, no son admisibles. Sin embargo, este resultado no afecta a la admisibilidad (21)-(38), y la relación (38), en contraste con la (23), es compatible con (20)-(21), esto es, con la libertad de acción. No sería una contradicción a (38) decir que, si en la situación A yo no quisiera respirar durante un determinado intervalo de tiempo, no respiraría.

El determinista podría decir ahora que, si se admite la relación (38), es posible la libertad de acción en la situación A.

Debemos advertir que estamos utilizando una modalidad relativa, puesto que queremos decir que la acción B es posible físicamente en relación con la situación A. Si definimos

$$A' =_{Df} A.\overline{VB \vee V\bar{B}} \tag{40}$$

tenemos, si es válida (38),

$$A' \rightarrow B \tag{41}$$

Si ahora sustituimos A en (20)-(21) por A', los antecedentes de estas condicionales se convierten en contradicciones, y (20)-(21) ya no son admisibles. Por consiguiente, no podemos mantener la libertad de acción en relación con A'.

Debe distinguirse cuidadosamente el caso de indiferencia (38) de la relación

$$A \rightarrow B \tag{42}$$

Si se define la libertad de acción en una situación A de modo que la adición de VB o $V\bar{B}$ a A produzca B o $\bar{B}$, respectivamente, entonces A no puede determinar B en sentido estricto, sino que debe encontrarse en una relación de probabilidad con ella. La relación (42) tendría, por tanto, que ser sustituida por (13).

Realicemos otro intento de salvar el determinismo. Puede objetarse que, en todos estos casos, no utilizamos modalidades relativas, sino absolutas. Si q es necesaria en relación con p, si ocurre p, q no es posible. Pero lo que en realidad decimos es: podría haber ocurrido q en lugar de p. Por ejemplo, en un día lluvioso (p) la atmósfera no está seca (q). Sin embargo, decimos: hoy podría haber estado seca la atmósfera; no era imposible. Evidentemente, estamos utilizando una modalidad absoluta en este caso, porque no queremos decir «posible en relación con la situación del tiempo hoy». No queremos mantener

la posibilidad de $p.q$ como una *adición*, sino como una *sustitución*. En otras palabras: no queremos decir que, aunque ocurra p, habría podido tener lugar q en adición a p. Sostenemos que podría haber ocurrido $p.q$ en lugar de p.

Si aplicamos estas consideraciones al tratamiento de la acción libre dentro de una concepción determinista de la causalidad, podríamos decir que la posibilidad de $V\bar{B}$ no significa la adición de $V\bar{B}$ a A', puesto que «$A'.\bar{B}$» constituye una contradicción, sino la sustitución de A' por $A.V\bar{B}$, ya que hubiera podido ocurrir $A.V\bar{B}$ en lugar de A'.

Sin embargo, el determinista encontrará dificultades para defender esta posición, pues en este caso no está utilizando modalidades absolutas de una manera legítima. Como señalamos en la página 188 la hipótesis de una causalidad determinista se basa en el argumento siguiente:

Existe un conjunto L de leyes fundamentales; existe una descripción completa D_0 del estado del universo en el tiempo t_0 que asigna valores precisos a cada parámetro; existe una descripción completa D_1 del estado del universo en un tiempo posterior t_1. Parte de la descripción D_0 se refiere a una situación A en la que ocurre una volición hacia una acción B, y a esta parte se la llama «$A_1.VB$». Entonces D_1 es físicamente necesario respecto de cualquier estado precedente D_0, si se puede afirmar la siguiente relación:

$$D_0 \rightarrow D_1 \tag{43}$$

Si el determinismo es válido, esta relación es verdadera y excluye la sustitución de D_1, o partes de D_1, por sus negaciones. Sería un error, por tanto, utilizar una modalidad absoluta y decir: podría haber tenido lugar la volición $V\bar{B}$ en lugar de $A_1.VB$.

Si es válida la causalidad probabilista, la relación (43) no es verdadera. En la interpretación probabilista, si D_0 está separada de D_1 por un intervalo de tiempo suficientemente largo, tenemos

$$P(D_0,D_1) < 1 \tag{44}$$

y $\bar{D}_1$ es, en consecuencia, físicamente posible. Utilizamos aquí una modalidad absoluta, porque la probabilidad de (44) es tan baja que no podemos sustituirla por una afirmación nomológica.

Si aceptamos la interpretación probabilista podemos decir, en relación con el problema de la acción libre, que, incluso si se hubiese observado la situación $A.V\bar{B}$ en el tiempo t_1, habría ocurrido $V\bar{B}$,

esto es, $V\bar{B}$ era posible físicamente como sustituición en lugar de como adición. Entonces, $V\bar{B}$ no es una posibilidad relativa a la situación A, existente simultáneamente, sino que es posible en relación con situaciones anteriores y podría haber ocurrido en lugar de A.

Evidentemente, sin embargo, esta relación sólo es compatible con el determinismo. Esta conclusión excluye una interpretación determinista de la relación (43) en términos de sustitución o de modalidades absolutas. Unicamente podemos mantener una interpretación de «posibilidad» en términos de sustitución o de modalidades absolutas en lugar de en términos de adición o modalidades relativas dentro de la concepción probabilista de la causalidad. Según esta última interpretación, podemos decir: $\bar{V}B$ era posible en el tiempo t_1 aunque ocurriese $A.\overline{V\bar{B}}$ en el mismo tiempo. Mientras que, excluyendo todavía (42), podemos derivar de (20) y (38).

$$A.\overline{V\bar{B}} \rightarrow B \qquad (45)$$

Expresada en palabras la relación (45) dice: Si, en la situación A, una persona no se decide en contra de la acción B, ciertamente llevará a cabo dicha acción, y podemos confirmar incluso, mediante la observación, que no se decide en contra de la acción B y predecir entonces B con certeza nomológica. Pero todavía podríamos decir que la persona era libre de decidirse en el tiempo t en contra de B, puesto que no se afirma la posibilidad de esta decisión en relación con la situación A, sino con situaciones anteriores.

8

Como consecuencia de los análisis previos podemos o bien admitir que, si la relación (42) es verdadera, no pueden ya interpretarse las relaciones (17)-(19) como condicionales contrarias al hecho, y considerar así que carece de sentido mantener que existen acciones libres; o bien, con objeto de sostener que es posible que una persona con una volición hacia $\bar{B}$ sea libre de hacer lo que quiera, podemos abandonar la relación (42) y sustituirla por la relación (13), en cuyo caso puede ocurrir aisladamente la volición $V\bar{B}$. Este dilema constituye una dificultad peculiar de la interpretación determinista de la causalidad; explica por qué se ha considerado que la predictibilidad excluía la libertad de acción. Verdaderamente, si se puede predecir sin excep-

ción la acción B sobre la sola base de la situación A, sin referencia al estado volitivo de una persona, entonces no se puede llamar libre o no libre a la acción B, puesto que (23) es incompatible con la interpretación de (17)-(18) como condicional de la libertad. El principio de invariabilidad de la implicación enfrenta al determinista con la alternativa de *predicibilidad versus libertad*, o, dicho con más exactitud, con la tesis de que la predicibilidad sin referencia a la volición hace que carezca de sentido una afirmación sobre la libertad.

La interpretación probabilista de la causalidad manifiesta su superioridad en relación con este problema. El principio de invariabilidad no rige respecto de las implicaciones probabilistas. Estas implicaciones admiten excepciones, esto es, no podemos derivar $P(A.V\bar{B},B) \sim 1$ de $P(A.B) \sim 1$ [19]. Por consiguiente, es compatible una elevada probabilidad en (13) con una elevada probabilidad en (4) sin el requisito de que la categoría de referencia en (4) esté vacía. Se sigue que, incluso si (13) es verdadera, el requisito β, esto es, el requisito de que las probabilidades han de ser genuinas, puede ser satisfecho todavía mediante la relación (4); de aquí que pueda interpretarse esta relación como una condicional contraria al hecho. Más aún: el requisito de que las implicaciones contrarias no deben ser interpretadas como condicionales contrarias al hecho se satisface superficialmente respecto de las implicaciones de probabilidad, si las probabilidades son genuinas, ya que, en este caso, los valores de probabilidad son únicos. Si se afirma tanto $P(A,B) \sim 1$ como $P(A,B) \sim 1$, podemos inferir del último valor que $P(A,B) \sim 0$. Pero entonces el valor de probabilidad de $P(A,B)$ no es único y por lo menos uno de estos valores no es genuino. Por ejemplo, cuando decimos: «Si existe vida superior en alguno de los planetas restantes (A) las condiciones atmosféricas deben ser similares a las de la Tierra (B)», tenemos $P(A,B) \sim 1$. Esta es una probabilidad genuina, porque la afirmación se deriva de una ley de la Naturaleza, aunque la categoría de referencia A puede estar vacía. Cuando decimos «Si existe vida superior en alguno de los restantes planetas, las condiciones atmosféricas no necesitan ser similares a las de la Tierra», tenemos $P(A,B) \sim 1$. Si asumimos que la categoría de referencia está vacía, podemos asignar cualquier valor a $P(A,B)$; $P(A,B)$ no es genuina por-

[19] Esto no puede hacerse incluso si $P(A, B) = 1$. En este caso, tenemos $P(A, V\bar{B}) = 0$; pero el hecho de que el límite de frecuencia relativa de $V\bar{B}$ sea 0 no significa la imposibilidad de la realización de $V\bar{B}$ (véase *The Theory of Probability*, págs. 54, 72, 118). El valor de $P(A, V\bar{B}, B)$ no está determinado por los valores $P(A, B) = 1$ y $P(V\bar{B}) = 0$. En consecuencia, se deja sin determinar y puede incluso ser $= 0$.

que no se deriva de una afirmación nomológica. Podemos inferir de $P(A,B) \sim 1$ que $P(A,\bar{B}) \sim 0$. De este modo, $P(A,\bar{B})$ no es única.

Apliquemos estas consideraciones al problema de la acción libre. Asumamos que una persona quiere votar por el candidato de su partido político. Si conocemos su filiación política (situación A) podemos predecir con gran probabilidad que tiene la volición de votar por el candidato $B(VB)$ y, por tanto, que votará por el candidato B. Asumamos ahora que la persona descubre que el candidato B ha sido sobornado para convertirse en defensor de los monopolios. La situación A se ha transformado entonces en una situación $A.K$, en la que K representa un grado determinado de conocimiento adquirido por la persona. Puesto que ha decidido no votar por un candidato semejante, está dispuesto a votar ahora por el candidato $\bar{B}$ del partido opuesto. Por consiguiente, existe una gran probabilidad, en la situación $A.K$, de que la persona realizará la acción $\bar{B}$. El tránsito de una volición a la contraria sólo es posible si las relaciones anteriores entre A y B y entre A y VB no fueran implicaciones formales; de otro modo, $A.K$ tendría el mismo consecuente que A. Una implicación formal no admite excepciones. Asumamos de nuevo que, en la situación $A.K$, nuestro hipotético votante recibe la información adicional de que el candidato $\bar{B}$ está colaborando activamente en un movimiento para promover la guerra. Llamando a esta información adicional L, podemos señalar la nueva situación como $A.K.L$. Dado que nuestro votante se opone a la guerra con más fuerza incluso que a los monopolios, estará dispuesto de nuevo a votar por el candidato B. Así, en la situación $A.K.L$, la probabilidad de la acción B es muy alta. Nuestras decisiones reales se caracterizan por tales cambios repetidos de ideas, fenómeno que sólo puede expresarse en términos de implicaciones de probabilidad. El hecho de que tales cambios pueden estar motivados por conocimientos adicionales, y puedan ser predichos si se supieran los cambios en la situación, no hace que la acción sea menos libre. La predicibilidad sin referencia a la volición es compatible con la afirmación de la libertad de acción, si se lleva hasta su último término la interpretación probabilista de la causalidad.

A este respecto, nos gustaría añadir una observación relativa a un extremo tratado anteriormente, a saber: la distinción entre la situación A y la volición VB. Si se combinaran ambas en una situación A', definida como $A.VB$, es evidente que en la situación A' resultaría imposible una volición $V\bar{B}$, puesto que VB excluye a $V\bar{B}$. La categoría

de referencia $A'.V\bar{B}$ está por consiguiente, vacía y no puede ser utilizada incluso en la interpretación probabilista, puesto que no cumple el requisito β. Respecto a la situación A', la condicional de la libertad carece de sentido, aun en la interpretación probabilista. Por esta razón, hemos introducido la regla de que la situación A debe ser definida de tal modo que no se sobreponga a la volición VB. La condicional de la libertad sólo tiene sentido si se respeta esta regla, pero esta conclusión no plantea dificultades en relación con la definición de libertad. Nos obliga simplemente a restringir la afirmación de libertad a aquellos casos en que se pueda distinguir entre una situación no volitiva A y una volición VB. Sólo en esos casos puede llamarse libre a una acción.

Se han expuesto las diferencias entre las interpretaciones probabilista y determinista con la suficiente precisión como para permitirnos extender el análisis desde el problema de la acción libre al del libre albedrío. Estas diferencias se originan en las diferentes estructuras lógicas de las implicaciones utilizadas, puesto que las implicaciones formales están sometidas al principio de invariabilidad, mientras que no ocurre así con las probabilistas. Debido a esta diferencia estructural, únicamente la interpretación probabilista de la causalidad ofrece las posibilidades lógicas para una definición general del libre albedrío, cuya definición expondremos en la sección siguiente.

9

Lo que hemos definido hasta ahora ha sido la *libertad de acción*, y nos queda por investigar si puede definirse también el *libre albedrío*.

Se puede aclarar esta distinción de la siguiente manera: una persona puede ser libre para realizar la acción B, esto es, podrá efectuar dicha acción si experimenta la volición VB, pero puede ser capaz de predecir que experimentará la volición VB, pareciendo así que su voluntad no es libre. Se ha planteado esta objeción a menudo en contra de quienes afirman que existe el libre albedrío, y se ha argüido que, aunque existe libertad de acción, no existe el libre albedrío.

En esta formulación, los argumentos se basan en la asunción de que la predicibilidad contradice la libertad. Puesto que hemos señalado que esta asunción es falsa podemos demostrar que el argumento no es concluyente. Como puede preverse, nuestra investigación demostrará que únicamente puede definirse la libertad completa de la voluntad mediante una interpretación probabilista de la causalidad. Una vez más

llevaremos a cabo el análisis basándonos en las concepciones probabilista y determinista de la causalidad.

Asumiendo la interpretación probabilista comenzaremos por definir la afirmación «una volición es libre» del mismo modo que hemos definido la afirmación «una acción es libre», es decir, mediante relaciones (3)-(4). Sin embargo, la aplicación de estas relaciones al problema del libre albedrío requiere que se indique el orden temporal de los acontecimientos. Expresaremos este orden mediante subnotaciones. Si la acción B se lleva a cabo en el tiempo t_1, escribiremos «B_1»; si la volición V hacia la acción B ocurre en el tiempo t_0, escribiremos «V_0B_1». El orden numérico de las subnotaciones indica la dirección temporal de los acontecimientos. Las relaciones (3)-(4) asumen entonces la forma

$$P(A_0.V_0B_1,B_1) \sim 1 \tag{46}$$
$$P(A_0.V_0\bar{B}_1,\bar{B}_1) \sim 1 \tag{47}$$
$$P(A_0.I_0B_1,B_1) = u \tag{48}$$

Si se puede predecir la acción B, incluso cuando se desconoce el estado volitivo de la persona, tenemos, por analogía con (13),

$$P(A_0,B_1) \sim 1 \tag{49}$$

Consideraremos ahora aquellos casos en que se puede predecir la aparición de una volición hacia la acción B, sobre la base de la situación A sola. Por ejemplo, si sabemos de una persona que es un demócrata convencido podemos predecir que se decidirá a votar por el candidato demócrata. En este ejemplo la volición V_0B_1 podría predecirse en un tiempo anterior t_{-1}. Así, tenemos:

$$P(A_{-1},V_0B_1) \sim 1 \tag{50}$$

La relación (50) no contradice la afirmación de que la volición V_0B_1 es libre. Puede demostrarse la compatibilidad de (50) con la afirmación de que la voluntad era libre en el tiempo t_0 mediante el mismo método que utilizamos anteriormente para explicar la acción libre *en* circunstancias similares. Por analogía con la definición procedente de «libertad de acción», el «libre albedrío» significa que una volición en el tiempo t_{-1} habría influido en una volición en el tiempo t_0. Efectivamente, una persona puede haber tenido en el tiempo t_1 la volición de tener en el tiempo t_0 una volición hacia B o $\bar{B}$. En tales casos escribimos «$V_{-1}V_0B_1$» o «$V_{-1}V_0\bar{B}_1$», respectivamente. Por tanto, la libertad de la

volición V_0B_1 se define por las condiciones siguientes, que son análogas a las (46)-(48):

$$P(A_{-1}.V_{-1}V_0B_1,V_0B_1) \sim 1 \quad (51)$$
$$P(A_{-1}.V_{-1}V_0\bar{B}_1,V_0\bar{B}_1) \sim 1 \quad (52)$$
$$P(A_{-1}.I_{-1}V_0B_1,V_0B_1) = u \quad (53)$$

Puesto que las relaciones (51)-(53) no contradicen la relación (50) hemos demostrado que una volición puede ser predecible y libre. El libre albedrío se formula así mediante una *repetición de la condicional de la libertad.* Se justifica este tratamiento porque una volición es un acontecimiento que puede tener influencia causal en otros fenómenos, ya sean voliciones o acciones.

Evidentemente, puede continuarse la repetición más atrás en el tiempo y podríamos afirmar, por consiguiente, que la volición $V_{-1}V_0B_1$ era libre, a pesar de ser predecible, en un tiempo anterior. De aquí que puede definirse el libre albedrío de la manera siguiente:

Una volición es libre si hubiera podido ser influida por una volición anterior.

Como en el caso anterior, la frase «hubiera podido ser influida» se define mediante una condicional contraria al hecho, expresada en este caso por la condición de la libertad (51)-(53). De modo similar, la definición de «eficiente» se extiende a las voliciones que influyen en otras. Una volición es eficiente en el caso de que sea muy probable que una volición en sentido contrario se vea seguida de una acción o volición en tal sentido.

Podría formularse la objeción de que la forma repetida «$V_{-1}V_0B_1$» no se ajusta a la conducta psicológica real. En el tiempo t_{-1} experimentamos una volición dirigida normalmente hacia B_1 y no hacia V_0B_1, pudiendo simbolizarse mejor nuestra experiencia mediante «$V_{-1}B_1$». Aunque desde el punto de vista psicológico la objeción sea discutible, la tomaremos de momento en consideración para demostrar que no afectaría a nuestra explicación del libre albedrío. Es fácil exponer nuestras formulaciones de acuerdo con la objeción. Basta con omitir en las relaciones (51)-(53) el término intermedio «V_0» a la izquierda de la coma, pero manteniéndolo a la derecha. Las relaciones dicen entonces que si en el tiempo t_{-1} existe una volición de hacer B en el tiempo t_2, existe una gran probabilidad de que en el tiempo intermedio t_0 haya también una volición de efectuar B en el tiempo t_2. Una persona puede

no advertir incluso que experimenta la volición V_0, aunque pudiera darse cuenta de ello si surgiese una ocasión específica para su manifestación. Por ejemplo, se le podría preguntar a una persona sobre cómo va a votar en una elección próxima y enterarse así de sus intenciones. Estas situaciones pueden formularse también con pleno sentido mediante relaciones de probabilidad. En su nueva versión, las relaciones (51)-(53) podrían utilizarse igualmente para una definición del libre albedrío. Puede considerarse la forma repetida utilizada anteriormente como una reconstrucción racional, apropiada para mostrar la identidad estructural entre las relaciones (51)-(53) y las relaciones (46)-(48) o (3)-(4).

Incidentalmente, cuanto mayor sea la distancia temporal entre la volición y la acción a ejecutar, menor será la probabilidad de que se efectúe dicha acción, puesto que es mayor la oportunidad de revisar la propia volición. Por consiguiente, puede interpretarse la cadena causal desde la volición a la acción como una secuencia de probabilidad continua [20].

10

Investiguemos ahora si es posible formular una definición del «libre albedrío» análoga a la obtenida mediante las relaciones (51)-(53), sobre la base de una interpretación determinista de la causalidad. Introduciendo, como antes, implicaciones formales y funcionales, no verdaderas, en lugar de implicaciones de probabilidad de un grado próximo a 1, podemos transcribir las relaciones (51)-(53) de esta manera:

$$A_{-1} . V_{-1} V_0 B_1 \supseteq V_0 B_1 \tag{54}$$
$$A_{-1} . V_{-1} V_0 \bar{B}_1 \supseteq V_0 \bar{B}_1 \tag{55}$$
$$A_{-1} . I_{-1} V_0 B_1 \supseteq \ ? \tag{56}$$

Estas relaciones, como las (17)-(19), pueden ser interpretadas como condicionales contrarias al hecho, si son válidas las implicaciones propias correspondientes, esto es, si se puede sustituir el signo «$\supseteq$» en (54)-(56) por el signo «$\rightarrow$». Las relaciones (54)-(56) constituyen así una definición del «libre albedrío». Como en la interpretación probabilista, una volición es libre si hubiera podido ser influida por otra volición en un tiempo anterior.

---

[20] Véase *The Theory of Probability*, sección 46.

Si aceptamos esta interpretación de las relaciones (54)-(56), debemos advertir que la relación siguiente

$$A_{-1} \supset V_0 B_1 \tag{57}$$

no puede ser también válida. La relación (57) se aplica cuando una volición en el tiempo t_0 ha de realizar la acción B en el tiempo posterior t_1 es consecuencia, necesaria físicamente, de la situación A en el tiempo t_{-1}. Aplicando el principio de invariabilidad de la implicación podemos derivar de (57) la relación

$$A_{-1} . V_{-1} V_0 \bar{B}_1 \supset V_0 B_1 \tag{58}$$

que constituye la implicación contraria a (55). Esta conclusión demuestra que la combinación de A_{-1} y V_{-1} V_0 B_1 en el antecedente de (58) y (55) es físicamente imposible. Por tanto, no se pueden interpretar las relaciones (54)-(56) como condicionales contrarias al hecho, y perder así su sentido en cuanto condición de la libertad. El determinismo se encuentra, en relación con el libre albedrío, con el mismo dilema que se le planteó en relación con la libertad de acción. O tiene que abandonar la afirmación de que la volición $V_0 B_1$ es libre si la relación (57) es válida, puesto que, según la concepción determinista, en contraste con la probabilista, una volición que puede predecirse sin referencia al estado volitivo precedente, no es libre; o, si se quiere mantener que la volición $V_0 B_1$ es libre, debe sustituir (57) por (50), en cuyo caso ya no rige el determinismo.

El hecho de que, según la interpretación determinista, una volición libre no sea predecible sin referencia a una volición anterior, origina dificultades al determinista. Ciertamente, los casos de volición no constituyen una serie infinita que retrocede en el tiempo, sino que surgen por primera vez en un momento determinado. La persona que quiere hoy ayunar mañana, puede haber querido ayer tener hoy la volición de ayunar mañana. Pero ha habido una primera aparición de la volición. De acuerdo con la interpretación determinista podía predecirse la primera aparición de la volición, y, dado que no estaba precedida de otra volición, debe haber sido predecible sobre la base de una situación A_{-1} cuya descripción no incluya ninguna referencia al estado volitivo de la persona. Si $V_0 B_1$ es la primera aparición de la volición, la relación (57) debe ser válida. En consecuencia, el antecedente de la relación (55) es físicamente imposible y se viola el requisito ε. Las relaciones (54)-(55) no pueden considerarse ya, por tanto, como una condicional

de la libertad y no puede llamarse libre o no libre al primer caso de una volición: es neutro.

Esta conclusión no se aplica a la interpretación probabilista de la causalidad. Según esta interpretación, la cadena causal contiene también el primer caso de volición, y esta volición se puede predecir sobre la base de una situación A cuya descripción no incluya referencia alguna al estado volitivo de la persona. Ahora bien, este hecho no excluye la libertad del primer caso de volición, porque la relación (50) no impide que se interpreten las relaciones (46)-(47) como condicionales contrarias al hecho. Sea V_0B_1 el primer caso de volición. Entonces continúa siendo permisible decir: Si V_0B_1 hubiese sido precedida por una volición $V_1\bar{B}_1$ habría tenido lugar en tal caso una volición $V_0\bar{B}_1$, en lugar de V_0B_1. Según la interpretación determinista, no puede afirmarse esta condicional contraria al hecho, y, por consiguiente, el determinista no puede llamar libre al primer caso de volición. Sin embargo, tampoco puede decir que no sea libre, como señalamos anteriormente: es neutro.

Algunos defensores de la tesis de que el determinismo no contradice el libre albedrío han interpretado erróneamente este punto. Tienen razón cuando alegan que la existencia de casos de volición no precedidos de otros no es, en general, incompatible con el libre albedrío, pero están equivocados cuando mantienen que, *según su teoría*, la existencia de tales casos es compatible con la libertad. Creen que puede llamarse libre a un primer caso de volición, puesto que era posible experimentar una volición en la dirección opuesta. Pero, de acuerdo con su teoría, esta afirmación es falsa. No advierten la distinción entre «posible» y «posible en la situación A».

Esta es la razón por la que explicamos anteriormente la diferencia entre modalidades absolutas y relativas (véase página 211). Decir que una volición $V\bar{B}$ es físicamente posible significa que existen situaciones que no excluyen tales voliciones. Esta afirmación tiene sólo modalidades absolutas, pero el estado fáctico en que surge una volición por primera vez se caracteriza, de acuerdo con la concepción determinista de la causalidad, mediante la relación (57). Decir que era posible una volición $V_0\bar{B}_1$ exige el uso de una modalidad relativa, puesto que «posible», en este contexto, significa «posible en el tiempo t_0» o «posible en relación con la situación A en el tiempo t_{-1}», y la situación A excluye la volición $V_0\bar{B}_1$. De hecho, éste es el sentido de (52) si A_{-1} es una situación físicamente posible, puesto que la implicación contraria a (52) no puede ser nomológica sintética, y se asume, por supuesto, la posi-

bilidad física de A_{-2}, puesto que se supone que tiene lugar A_{-1}. Cuando se alega que hubiera sido posible una volición V_0B_1 si hubiera habido una volición $V_{-1}V_0\bar{B}_1$, se debe responder que $V_{-1}V_0\bar{B}_1$ era imposible en situación A_1, si la relación (55) es válida. El principio de invariabilidad de la implicación, aplicado a la relación (57), conduce a la implicación contraria a (55) y, por consiguiente, a la conclusión de que el antecedente de (55) es físicamente imposible, esto es, a la conclusión

$$A_{-1} \supset \overline{V_{-1}V_0\bar{B}_1} \tag{59}$$

Se deduce que la afirmación «Si hubiese habido una volición V_{-1} $V_0\bar{B}_1$ habría originado una volición $V_0\bar{B}_1$» carece de sentido en relación con la situación A_{-1}. Un primer caso de volición puede no ser libre: es neutro si el determinismo es válido. Todo aquel que desee establecer una relación entre la causalidad y la libertad debe construir una interpretación de la causalidad que abandone la relación (57), es decir, debe abandonar el determinismo.

Llamaremos *completamente libre* a una acción o volición si constituye un elemento de una cadena causal en la que cada elemento precedente sea libre. Debe notarse que esta definición no requiere que la cadena tenga un número de elementos precedentes infinito. La definición no dice que cada volición eficiente *está precedida, de hecho,* por otra volición eficiente. Esta posibilidad física se expresa mediante una condicional contraria al hecho. La cadena puede muy bien tener un primer elemento, e incluso puede consistir en un solo elemento. Sin embargo, se deduce de la definición de «libertad completa» que, según la interpretación determinista de la causalidad, ninguna acción o volición es libre, puesto que todas las cadenas reales de voliciones tienen un primer elemento, y este primer caso de volición no es libre, sino neutro. Por el contrario, según la interpretación probabilista, puede haber acciones y voliciones completamente libres.

Podría alegarse la objeción siguiente: Si el primer caso de volición hubiese ido precedido por una volición en sentido contrario, deberíamos preguntar si la primera volición había sido libre. Puesto que esta pregunta sólo puede contestarse por referencia a un caso anterior de volición que, a su vez, debería ser libre, obtendríamos una cadena negativa infinita de casos posibles de volición. Consideramos que pueden disiparse fácilmente estas dudas. En primer lugar, no puede asumirse la posibilidad de una cadena semejante. En segundo lugar, esta objeción está mal enfocada. El primer caso real de volición es libre si es

posible que hubiera sido precedido de una volición eficiente. Es irrelevante que esta volición eficiente posible fuese libre. De hecho podría no haber sido. Por ejemplo, dicha volición podría haber sido efecto de una sugestión poshipnótica y, en este caso, la cadena total consiguiente de voliciones y acciones no habría sido completamente libre. Ahora bien, dado que no ocurrió esto, no podemos extraer tal conclusión. Según la interpretación probabilista, si V_0B_1 constituye el primer caso de volición es posible que haya sido precedido por otra volición, y entonces V_0B_1 no habría sido la primera. La volición precedente podría haber sido o no libre —siempre existen posibilidades—, pero una volición *posible* y no libre no hace que la volición *real* no sea libre tampoco; no hace que una volición *real* carezca de libertad completa. Solamente una volición *real* anterior y no libre podría lograr esto.

11

En las discusiones tradicionales sobre el libre albedrío se ha argüido a menudo que nuestra voluntad no puede ser libre porque las voliciones son producto de condiciones no volitivas. El análisis anterior enseña que este argumento refuta sólo la interpretación determinista del libre albedrío, pero no puede aplicarse a la interpretación probabilista. Aunque las voliciones emerjan de situaciones no volitivas, y puedan predecirse sobre la base de estas situaciones, se pueden llamar libres según la interpretación probabilista, ya que dicha interpretación explica la libertad mediante una condicional contraria al hecho. Unicamente la interpretación determinista es la que debe renunciar a la alegación de que las voliciones que surgen son libres, puesto que esta interpretación no puede combinar la condicional contraria al hecho con la predicibilidad de la volición.

De acuerdo con la concepción probabilista podemos explicar las *acciones libres* y *no libres* y las *voliciones libres* y *no libres*. Solamente tenemos libertad completa si se combina una acción libre con una volición libre. En todas las combinaciones restantes tenemos o libertad hasta cierto grado o falta de libertad. Resumamos una vez más nuestras explicaciones.

Una acción B es libre en la situación *A* si es posible que dicha acción hubiera ido precedida por una volición causalmente relevante y *B* no es posible físicamente en la situación *A*. Por ejemplo, quiero levantar mi brazo y así lo hago. Si hubiese experimentado la volición

contraria me habría abstenido de levantar la mano. Son válidas las relaciones (3)-(4).

Las así llamadas acciones bajo coacción pertenecen a la categoría de las acciones libres. Por ejemplo, un prisionero de guerra puede encontrarse en la alternativa de firmar una declaración falsa o ser fusilado. Su acción es libre, porque, si quiere, puede negarse a firmar; pero entonces será fusilado. Si *B* es la acción de negarse a firmar, las relaciones (3)-(4) son válidas. Sin embargo, el prisionero no es libre de rehusar firmar y permanecer vivo. Esta ausencia de libertad se expresa mediante el hecho de que la relación (3) no es válida si *B* significa permanecer vivo negándose a firmar. Aunque, desde el punto de vista moral, no podemos considerar responsable a una persona por firmar una declaración falsa bajo coacción, esto no se debe a la consideración de que su acción no sea libre, sino a que sentimos que su libertad es solamente la de escoger entre dos males. Por consiguiente, no le reprochamos que escoja el mal que le salve la vida.

Algunas de nuestras acciones son automáticas y no necesitan ir precedidas de una volición. Por ejemplo, la contestación «Bien, gracias» a la pregunta «¿Qué tal está usted?» se puede predecir con gran probabilidad en circunstancias ordinarias, sin ningún conocimiento del estado volitivo de la persona a que se dirige. Se aplica en este caso la relación (13). No obstante, la acción es libre, puesto que una volición precedente podría haber asignado la misma u otra respuesta diferente. Por tanto, las relaciones (3)-(4) son válidas.

Sin embargo, si la situación no es convencional, por ejemplo, si a una persona le preguntase su psicoanalista cómo estaba, no nos aventuraríamos a predecir su respuesta, a no ser que la conociéramos mucho. Las acciones morales de la gente normal son libres. En circunstancias no corrientes difieren de la conducta convencional en que no pueden predecirse, a no ser que se conozca el estado volitivo del agente. En tales circunstancias no se aplica la relación (13). Por ejemplo, no podemos predecir si un individuo determinado resultará ser un objetor de conciencia o luchará por su patria. Sin embargo, si conocemos su estado volitivo sabremos lo que hará.

Una acción B no es libre si una volición precedente es irrelevante a su respecto. Por ejemplo, puedo desear permanecer suspendido en el aire mientras estoy cayendo de una torre, pero mi volición no tiene influencia en el acto de la caída. No rige la relación (3). El fenómeno deseado es imposible físicamente, debido a la ley de la gravedad.

Una acción V es libre si es posible que haya sido precedida por una volición anterior causalmente relevante a su respecto. Por ejemplo,

puedo tener hoy la volición de querer estudiar mañana. Las voliciones encaminadas a cambiar nuestras intenciones o motivaciones futuras presentan esta forma repetida, como las resoluciones de Año Nuevo.

Una volición V no es libre si una volición precedente es causalmente irrelevante a su respecto, o si la volición contraria es imposible físicamente. Por ejemplo, bajo sugestión hipnótica la voluntad no es libre. Es imposible la volición opuesta y se aplica una de las alternativas de la relación (32). El vicio de las drogas y la determinación inconsciente de la volición, estudiada por el psicoanálisis, proporcionan otros ejemplos, pero en estos casos el grado de probabilidad de la relación (50) puede ser considerablemente inferior a 1. Aunque en los ejemplos puestos las voliciones no son libres, sí lo son las acciones, aplicándose las relaciones (3)-(4). Sin embargo, no podemos decir que las acciones sean completamente libres.

12

El determinismo asume que la serie de descripciones, cada vez más exactas, de una sección transversal momentánea del universo tiene un término último, del que puede deducirse con certeza la descripción de un estado posterior del universo. El análisis precedente demuestra que la interpretación determinista de la causalidad es incompatible con el libre albedrío, debido a esta asunción.

La asunción determinista, esquematizada en (1), conduce a la utilización de implicaciones formales, pero el principio de invariabilidad de la implicación nos impide mantener al mismo tiempo la condición de la libertad y la predicibilidad, sin referencia a voliciones o acciones anteriores. Sin embargo, si la serie de descripciones no tiene un último término, no puede establecerse una implicación formal y la condición de la libertad continúa siendo compatible con la predicibilidad.

Nuestras conclusiones son el resultado del análisis lógico. El decidir cuál de las dos formas de causalidad sea válida respecto de nuestro mundo físico es una cuestión empírica, si bien parece que no hay apenas evidencia para la hipótesis determinista. La experiencia enseña únicamente que existen descripciones que admiten predicciones altamente probables, y que pueden perfeccionarse dichas descripciones mediante un análisis más detallado de los parámetros de la situación. De aquí inferimos inductivamente la hipótesis de la causalidad, esto es, inferimos que los valores de probabilidad de las predicciones pueden aproximarse a 1 tanto como queramos, mediante un análisis más detallado

de las condiciones físicas. Afirmar que existe una descripción última, a partir de la cual se puede predecir el futuro con seguridad, va más allá de lo que pueda inferirse de la observación. Incluso la física clásica no necesita tal situación adicional. Pueden interpretarse todos sus teoremas de acuerdo con la concepción de la causalidad expresada en el esquema (2).

Es bien conocido que la mecánica cuántica ha avanzado un paso más en el abandono del determinismo. El principio de indeterminación de Heisenberg afirma que los valores de probabilidad de las predicciones referentes al microcosmos no pueden aproximarse a 1 tanto como queramos, siendo imposible pasar de un límite dado inferior a 1.

La concepción de la mecánica cuántica se puede representar mediante el siguiente esquema:

$$\begin{array}{cccccc} D^{(1)} & D^{(2)} & D^{(3)} & \ldots & D & \\ p^{(1)} & p^{(2)} & p^{(3)} & \ldots & p < 1 & \end{array} \qquad (60)$$

Como vemos, existe una última descripción D, para la física cuántica, que es la más perfecta de las que podemos construir, y está dada por la función φ de un estado físico momentáneo de una partícula. Pero esta descripción sólo nos permite predecir el estado futuro con una probabilidad p menor que 1, y no existe ningún medio disponible para mejorar esta probabilidad. El esquema (60) expresa el indeterminismo específico afirmado por la mecánica cuántica, a saber, que existe un límite de predicibilidad [21]. Los valores de probabilidad de las predicciones sólo pueden aumentar en el caso de que se halle implicado un gran número de fenómenos elementales. De este modo, se abandona la causalidad y, por consiguiente, puede llamarse *estadisticismo* a esta forma de indeterminismo. El estadisticismo explica el causalismo aparente de los macrofenómenos como resultado de la ley de los grandes números. Aun siendo importante esta versión del indeterminismo para la teoría de la causalidad, no tiene relevancia respecto de las definiciones de libertad de acción y libre albedrío dadas anteriormente. Puesto que la condición de la libertad (3)-(5) es compatible con el causalismo probabilista en cualquier grado de exactitud, es compatible *a fortiori* con el *estadisticismo*. La teoría del libre albedrío que hemos desarrollado es compatible con la concepción de la mecánica quántica de la causalidad, pero no depende de ella.

La solución del problema del libre albedrío aquí expuesta puede

[21] Véase H. REICHENBACH, *Philosophic Fundations of Quantum Mechanics*, Berkeley, 1944, y *The Direction of Time*, sección 25.

parecer simple. De hecho, el instrumento lógico utilizado no es demasiado complicado en absoluto. Sin embargo, sólo pudimos ofrecer una solución después de haber dado una explicación precisa de los términos relevantes. En tanto se utilice el término «causalidad» de una manera imprecisa, no podrá verse la diferencia entre causalidad y determinismo. Y en tanto no se dé una definición precisa de «libertad», existe la tentación de utilizar términos tan inconcretos como «causas internas» y «causas externas», y de formular afirmaciones tan vagas como «Existe libertad cuando las causas de la acción son internas», o «Existe libertad cuando la cadena causal incluye a la persona como agente». La controversia histórica hasta nuestro tiempo abunda en tales expresiones. Podemos leer, por ejemplo, que la ausencia de libertad se debe a «compulsión», a las voliciones «coaccionantes» de otras personas o a las restricciones impuestas por las leyes del Estado. Es cierto que otras personas pueden desear que yo actúe de una forma determinada, pero ello no priva de libertad a mis acciones. De otro modo, no tendría sentido llamar a nadie desconsiderado. Las leyes del Estado prohiben cierta clase de acciones, pero esto no impide que la gente desobedezca dichas leyes basándose en sus propias decisiones libres. En el caso contrario no tendría sentido considerar que la gente es responsable de sus acciones. Si decidimos acceder a los deseos de otras personas, o cumplir las leyes del Estado, se verán implicadas por ello determinadas voliciones relativas a nuestras acciones. Pero tales voliciones no son menos libres por causa de esa implicación.

Se ha mantenido a menudo la tesis de que la causalidad no excluye el libre albedrío, pero no pudo hacerse consistente en tanto se identificaba la causalidad con el indeterminismo. El presente trabajo enseña que el determinismo excluye la libertad completa de acción y voluntad, al contrario de la causalidad probabilista. Y enseña, además, que el abandono de la causalidad, a consecuencia de la física cuántica, es compatible también con la libertad, siempre que se dejen probabilidades suficientemente altas que nos permitan considerar que las voliciones son causalmente relevantes respecto de nuestras acciones. Es asombroso ver que un tema tan antiguo como el del libre albedrío admite una solución tan simple, una vez sustituido el lenguaje imaginativo de la filosofía tradicional por el lenguaje preciso de la lógica matemática.

Sobre la explicación de los juicios éticos

[*El ensayo siguiente se basa en unas notas bastante extensas de mi difunto marido, de fecha 31 de diciembre de 1952. Por lo que recuerdo, constituyen la réplica suya a determinadas ideas expresadas en la Conferencia que la Pacific Division of the American Philosophical Association mantuvo en Navidad, aquel año, en Los Angeles, en la Universidad de California meridional. Pueden considerarse como un complemento del análisis sobre la naturaleza de la ética, expuesto en los dos últimos capítulos de su libro* The Rise of Scientific Philosophy.

El ensayo se refiere al conocido tema de una explicación cognoscitiva frente a una no cognoscitiva del fenómeno ético, y trata de mostrar, mediante un cuidadoso análisis lógico del lenguaje reconstruido, no que una interpretación cognoscitiva sea falsa, sino que es incompleta.]

Podemos distinguir dos versiones de la *interpretación volitiva* de los juicios éticos:

1. *La versión expresiva.* Un juicio ético incluye una expresión cuasi-reflexiva de una volición por parte de quien habla. Puede, además, ser elíptico en relación con determinadas implicaciones relevantes a la acción. En la versión expresiva de la interpretación volitiva, «debiera», o «habría de», constituyen la expresión de una volición por parte de quien habla y, en lenguaje exacto, se dan como imperativos. Por ejemplo, «El Sur debería establecer la integración» puede traducirse por «¡Abolir la segregación!». Esta expresión puede ser elíptica respecto a sentencias tales como «Si ha de abolirse la segregación, entonces tendrán que integrarse las escuelas».

La reflexividad de cada imperativo está confirmada por el hecho de que la afirmación indicativa correspondiente tendrá que incluir siempre una referencia a la persona particular que profiere el imperativo, de modo que existen tantas afirmaciones correlativas diferentes como personas que profieren el mismo imperativo.

2. *La versión declarativa.* Ha de explicarse un juicio ético como una afirmación declarativa sobre el estado volitivo de quien lo profiere. Puede, además, ser elíptica respecto de determinadas implicaciones relevantes a la acción. En la versión declarativa de la interpretación volitiva, «debería», o «habría de», han de explicarse mediante una afirmación declarativa sobre la existencia de un estado volitivo por parte de quien habla, a saber, mediante una afirmación indicativa correlativa de la clase que acabamos de mencionar. Nuestro ejemplo, «El Sur debería establecer la integración», tendría que ser explicado entonces como «Mr. Eisenhower quiere que el Sur establezca la integración», o «Mr. Stevenson quiere que el Sur establezca la integración». En la interpretación declarativa se hace explícita la cuasi-reflexividad de un imperativo.

En contraste con la interpretación volitiva existe una cognoscitiva: la *interpretación relacional.* Según esta interpretación, «debería», o «habría de», expresan una implicación lógica o física y, en lenguaje exacto, el juicio que contienen estos términos no es ni un imperativo ni una afirmación sobre el estado volitivo de una persona. El juicio es elíptico en relación con determinadas implicaciones relevantes a la acción. Además, puede incluir una expresión cuasi-reflexiva de una volición por parte de quien lo profiere, pero este hecho es irrelevante respecto del significado del juicio y puede omitirse en la explicación. En nuestro ejemplo, el juicio «El Sur debería establecer la integración» estaría implicado en la decisión del Tribunal Supremo. Es elíptico, porque no se expresa explícitamente el antecedente «puesto que el Tribunal Supremo ha decidido que las escuelas no integradas son anticonstitucionales». Es irrelevante, en este caso, que quien habla desee que el Sur actúe en este sentido con independencia de la decisión del Tribunal Supremo.

Cuando preguntamos qué interpretación se adapta mejor al uso ordinario encontramos difícil dar una respuesta, porque el uso ordinario es ambiguo y pueden utilizarse ambas interpretaciones: la volitiva y la relacional. Es posible demostrar, sin embargo, que se puede juzgar la idoneidad de la explicación desde otro punto de vista, a saber, el de la *integridad.* Si aceptamos el criterio de integridad, una reconstrucción racional del lenguaje basado en la interpretación relacional es inadecuada porque es necesariamente incompleta.

A fin de justificar esta alegación demos una forma más precisa a la interpretación relacional. Esta interpretación asume que un conjunto determinado V, de valuaciones o preferencias, implica la acción A, que se está considerando, o, dicho con más precisión, que la acción A *sa-*

tisface el conjunto *V*. Esta relación de satisfacción puede construirse en un sentido muy amplio. Puede decirse que *A* satisface el conjunto *V* si satisface preferencias más urgentes, aunque no se ajuste a otras; o si *A* satisface preferencias durante un período largo, no simplemente en el momento, aun cuando ciertos deseos momentáneos puedan ser frustrados por *A*, etc. Si son válidas condiciones de esta clase podemos decir brevemente que *A* proporciona la máxima satisfacción de *V*. Tendría que especificarse con exactitud el significado de «máxima», pero puede darse por sabido en lo que se refiere a este análisis. Vemos que el juicio ético «se debería hacer *A*» es elíptico en relación con el conjunto *V*. La afirmación completa diría: «La acción *A* proporciona la máxima satisfacción en relación con el conjunto *V*». Surge la pregunta: ¿Cuál es el conjunto *V* al que se refieren los juicios éticos usuales?

Podríamos decir que *V* es el conjunto de valuaciones generalmente aceptadas, pero esta interpretación no puede apenas mantenerse porque en las discusiones éticas queremos criticar con frecuencia las valuaciones existentes. De otro modo, el juicio querría simplemente decir que normalmente se considera bueno hacer *A*. Nuestro ejemplo sobre la segregación ilustra este punto. La reciente decisión del Tribunal Supremo representa lo contrario de las valuaciones ampliamente aceptadas hasta ahora en el Sur. Para soslayar esta dificultad tendríamos que añadir en las discusiones éticas una descripción del conjunto *V*. Tendríamos que decir: si se asumen tales y tales valuaciones, entonces *A* proporciona la satisfacción máxima. Aunque rudimentaria, esta manera de hablar tendría sus ventajas, puesto que clarificaría las discusiones éticas. Llamamos *referencial* a esta manera de hablar, ya que incluye una referencia explícita al conjunto *V*. Evidentemente, si la interpretación relacional no ha de resultar elíptica se requiere la forma referencial.

La referencia a *V* es necesaria porque, lógicamente hablando, existe, para cada acción dada *A*, un conjunto *V*, según el cual *A* es buena, esto es, según el cual *A* proporciona la satisfacción máxima, y existe otro conjunto *V*, según el cual *A* es mala, esto es, según el cual *A* rebaja considerablemente la satisfacción íntegra. De hecho, existen siempre muchos conjunto de ambas clases. ¿Por qué creen los partidarios de la interpretación relacional, en particular los pragmáticos, que no es necesario mencionar el conjunto *V* explícitamente? No puede darse por sentado que todo el mundo tenga el mismo conjunto de valuaciones, ya que las diversas religiones, formas de gobierno, hábitos y sistemas culturales condicionan a la gente hacia diversos conjuntos de preferencias.

Aunque deba aceptarse como un hecho la relatividad de las valuaciones, algunos filósofos argüirían que esta observación no constituye el final, sino el punto de partida de la discusión ética. La idoneidad del condicionamiento cultural, o de los conjuntos de valuaciones, debe juzgarse en relación con la satisfacción de las necesidades humanas básicas. Parece que los pragmáticos creen que únicamente existe un conjunto así, esto es, creen que los seres humanos son lo bastante similares, de forma que puede deducirse el mismo conjunto de valuaciones definitivas. Esta asunción, aun en el caso de ser verdadera, resultaría todavía empírica. No tenemos fundamentos *a priori* para ella, mas parece muy discutible que sea cierta. Aparte de la sospecha de que este argumento comete la antigua falacia de ir de lo que se desea a lo que es deseable, existe una multitud de necesidades humanas, y tan pronto como se distinga entre necesidades buenas y malas, o se restrinja arbitrariamente su número, se introducen juicios de valor. Las investigaciones sociológicas, psicológicas y psicoanalíticas no están siempre de acuerdo sobre cuáles son estas necesidades. Por tanto, parece injustificada la asunción de un conjunto único semejante en las discusiones éticas y, en la práctica, esta asunción no es necesaria si se utiliza el modo de hablar referencial. En el análisis siguiente se asume siempre dicho modo respecto de la interpretación relacional.

Existen muchos casos en los que la discusión ética saldría beneficiada en gran manera si los juicios éticos se formularan de acuerdo con el modo de hablar referencial, por ejemplo, en las discusiones sobre temas generales como estrategia política, o una revisión del código legal existente o cuestiones morales. La formulación explícita del conjunto V puede servir de gran ayuda para clasificar estos temas. En contraste, el estado volitivo de quien habla puede ser irrelevante y no perderíamos mucho si no se indicase en el lenguaje reconstruido. En juicios tales como «Es malo robar», «Deberían modificarse las leyes sobre el divorcio», etc., el estado volitivo de quien habla aparece meramente como una adición interesante desde un punto de vista personal o psicológico, pero de la que se puede prescindir al objeto de la discusión.

Existen, sin embargo, otros casos en los que no se puede prescindir tanto del estado volitivo de quien habla. Por ejemplo, cuando decimos: «Pablo no debería molestar así a su madre», o «Pablo debería casarse con Juana, después de haber vivido tantos años con ella», queremos expresar nuestro juicio personal. Queremos que nuestro juicio quede claro, porque creemos quizá que la expresión de nuestra desaprobación (o de nuestra aprobación, en otros casos) influirá en la persona en cues-

tión, o quizá sólo porque queremos evitar la sospecha por parte de una tercera persona de que compartimos determinadas ideas con las cuales no queremos que se nos identifique. Ahora bien, si se añade una adición de esta clase en el lenguaje reconstruido, se abandona la interpretación puramente relacional y se introduce la volitiva, incluso si se formula la adición como una afirmación declarativa y no expresiva.

Mientras que todavía se puede defender la interpretación relacional en estos casos, mediante la alegación de que el estado volitivo de quien habla no es demasiado relevante, existe un terreno en el que la indicación del estado volitivo es claramente indispensable. Es el caso en el que se utilicen los casos de valor por un individuo para dirigir su propia conducta. Si se demuestra que una acción A es buena en relación con el conjunto de valuaciones V, persiste el problema de decidir si el individuo acepta el conjunto V y es en este contexto donde se requieren las declaraciones sobre su estado volitivo.

Analicemos este problema con más detalle. A fin de construir una teoría completamente cognoscitiva de la ética debemos añadir a la interpretación de las reglas éticas una *averiguación cognoscitiva de las valuaciones subjetivas*, esto es, debemos considerar el hallazgo de valuaciones dentro de uno mismo como una especie de descubrimiento cognoscitivo: advierto que aprecio la libertad, la compañía interesante, la música..., etc. Podemos formular entonces el siguiente argumento:

(1) Si V es el conjunto de mis valuaciones, la acción A me proporcionará la satisfacción máxima.

(2) V es el conjunto de mis valuaciones.

(3) La acción A me proporcionará la satisfacción máxima.

Obsérvese que la conclusión no es una predicción imperativa, sino cognitiva, respecto de mis experiencias futuras.

Surge el problema: ¿Podemos deducir el imperativo «¡Haz A!» de la conclusión cognoscitiva? Evidentemente, no. Llegado a esta conclusión, puedo preguntar todavía: «¿Debo hacer A?». Se utiliza aquí la palabra «debo» en sentido imperativo.

Los partidarios de la interpretación relacional pueden responder: Estos problemas surgen sólo porque se ha utilizado en este caso «debo» en sentido imperativo. Si se interpreta «debo», en la pregunta anterior, en sentido explicativo, el juicio «Debo hacer A» significa «Si hago A obtendrá la satisfacción máxima». Puede derivarse esta conclusión de nuestras premisas; de hecho es idéntica a la que dedujimos anteriormente.

Sin embargo, esta interpretación nos ofrece una pseudosolución. Si se excluye el imperativo «debo» de nuestro vocabulario, reaparece el

problema anterior bajo una forma diferente. Se convierte en la pregunta: ¿Cómo puedo pasar a la acción *A*, partiendo de la conclusión cognoscitiva «La acción *A* me proporcionará la satisfacción máxima»?

Es este tránsito de la conclusión cognoscitiva a la acción *A* el que no está cubierto por la lógica, ni constituye una materia cognoscitiva. El paso del conocimiento a la acción no puede concebirse como una inferencia lógica. En otras palabras: puedo aceptar la conclusión y, sin embargo, decidirme en contra de la satisfacción máxima, esto es, puedo negarme a realizar *A*, sin ser inconsistente desde el punto de vista lógico. El reconocimiento de la relación no lógica entre el conocimiento y la acción constituye la esencia de la teoría no cognoscitiva de la ética.

La teoría cognoscitiva de la ética es incompleta debido a su omisión de todo tratamiento de la relación entre el conocimiento y la acción. Suministra formulaciones relativas hasta cierto punto a la ética, y después permanece muda donde queda todavía algo importante por decir. Nos permite establecer todo el conocimiento que se necesita para la acción moral, pero no indica el hecho de que es necesario hacer algo más todavía. Esta omisión es peligrosa. Debido a su sistema respecto del tránsito del conocimiento a la acción, la teoría cognoscitiva de la ética puede conducirnos erróneamente a creer que este tránsito es también cognoscitivo, mientras que no lo es. No queremos afirmar que los expositores de esta teoría hayan *dicho* que este tránsito sea cognoscitivo, pero el lector de sus publicaciones no puede por menos de sentir que asumen que es cognoscitivo.

Mostremos ahora que la teoría no cognoscitiva de la ética contiene una descripción explícita del tránsito del conocimiento a la acción. Para ello es preciso utilizar expresiones lingüísticas que manifiesten la actitud volitiva de quien habla en relación con determinadas acciones. Esta función se cumple mediante imperativos que, debido a su cuasi-reflexividad [1], pueden construirse siempre de modo que indiquen un «Yo quiero» oculto. De este modo, llegamos a una teoría exhaustiva, esto es, a una reconstrucción racional completa del lenguaje que incluye una indicación de la relación entre el conocimiento y la acción.

¿Qué es un imperativo? Por lo que respecta a nosotros mismos constituye una señal para la acción. Desempeña la función de eslabón primero en la cadena de acciones musculares que termina en la acción *A*. Pone en funcionamiento la cadena del mismo modo que un bo-

---

[1] Para un análisis más detallado de los términos cuasi-reflexivos véase HANS REICHENBACH, *Elements of Symbolic Logic*, Nueva York, 1947, sección 50, y *The Rise of Scientific Philosophy*, Berkeley y Los Angeles, 1951, cap. 17.

tón oprimido por nosotros pone en marcha un mecanismo físico. Si ha de aplazarse la acción *A* por alguna razón, podemos dar todavía la señal utilizándola, por decirlo así, como signo anticipado de la acción retrasada. Aplicado a otras personas, un imperativo es como una señal cuya finalidad es la de motivar en ellas una cadena de acciones que conduzca a la acción *A*. Aunque no siempre tengamos éxito con este método, existen muchos casos en que sí. Estas señales se presentan en nuestra conducta verbal y tienen gran importancia. Sin ellas resultaría difícil aplicar el lenguaje a la acción, pues existiría una grieta que no podría ser salvada mediante las expresiones verbales. Toda reconstrucción racional del lenguaje que prescinda de estas señales ha de ser necesariamente incompleta.

El hecho de que no puedan omitirse los imperativos indica que la pregunta «¿Qué debo hacer?» no puede ser contestada mediante una inferencia, sino sólo llevando a cabo una decisión volitiva. Nuestras valuaciones están siendo afirmadas continuamente de nuevo, o, por lo menos, se requieren esfuerzos volitivos para mantenerlas. La teoría cognoscitiva de la ética es incompleta en este sentido. En su miedo a indicar la relación no cognoscitiva entre el conocimiento y la acción cancela estos términos, o construye los términos realmente utilizados como implicaciones, en lugar de señales cuasi-reflexivas. La teoría no cognoscitiva de la ética, por el contrario, asigna un papel definido a estos términos dentro del lenguaje reconstruido. Los considera como expresiones que no son ni verdaderas ni falsas, y los encuadra en la forma gramatical de imperativos, o los caracteriza añadiendo un signo de admiración. Los utiliza para expresar el tránsito no cognoscitivo desde el conocimiento a la acción y señala que estos juicios no son derivables de afirmaciones declarativas. Por estas razones, la teoría no cognoscitiva de la ética proporciona una explicación adecuada a los juicios éticos.

Bibliografía de las obras de Hans Reichenbach

1912

1. Studentenschaft und Katholizismus. *Das Monistische Jahrhundert*, ed. by Wilhelm Ostwald, no. 16, zweites Novemberheft 1912, 533-538 (*).

1912-13

2. Der Student. *Münchener Studentisches Taschenbuch*, Wintersemester 1912-13, Max Steinebach, München, 42-44.

1913

3. Die freistudentische Idee. Ihr Inhalt als Einheit. *Freistudententum. Versuch einer Synthese der freistudentischen Ideen.* In Verbindung mit Karl Landauer, herausgegeben von Hermann Kranold, Max Steinebach, München, 23-40.
4. Die Militarisierung der deutschen Jugend. I. Der Tatbestand. *Die Freie Schulgemeinde*, vol. 3, no. 4, 97-110.
5. (Zweiter Deutscher Kongress für Jugendbildung und Jugendkunde, München, Oktober 3, 4, und 5, 1912) Verhandlungen. *Arbeiten des Bundes für Schulreform*, no. 6, 1913, 164-166.

1914

6. Der Sinn der Hochschulreform *Studentenschaft und Jugendbewegung*, Max Steinebach, München, 7-11.
7. Die Jugendbewegung der Gegenwart und ihre Bedeutung für die Hochschule. Die Jungdeutschlandbewegung. *Studentenschaft und Jugendbewegung*, Max Steinebach, München, 12-33.
8. Militarismus und Jugend. *Die Tat*, vol. 5, no. 12, 1234-1238.
9. (Review of) Hans Wegener: Wir jungen Männer. *Die Tat*, vol. 6, no. 2, 218-220.

(*) Los números que van generalmente al final de la nota corresponden al número de la página en el libro de referencia.

Los números en cursiva indican la cantidad de páginas de la obra.

1916

10. DER BEGRIF DER WAHRSCHEINLICHKEIT FÜR DIE MATHEMATISCHE DARSTELLUNG DER WIRKLICHKEIT. Inaugural-Disertation, Universität Erlangen, 1915, Barth, Leipzig, 79. Published also in *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik* (item 11).
11. Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit. *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik*, vol. 161, 210-239; vol. 162, 98-112, 223-253. This is his inaugural-dissertation, item 10. For a summary see item 12.

1919

12. Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit. Autoreferat. *Die Naturwissenschaften*, vol. 7, no. 27, 482-483. This is a summary of his inaugural-dissertation, see items 10 and 11.

1920

13. RELATIVITÄTSTHEORIE UND ERKENNTNIS APRIORI. Springer, Berlin. *110*.
14. Über die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. *Zeitschrift für Physik*, vol. 2, no. 2, 150-171.
15. Die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. *Die Naturwissenschaften*, vol. 8, no. 3, 46-55. For supplementary remarks see item 17.
16. Philosophische Kritik der Wahrscheinlichkeitsrechnung. *Die Naturwissenschaften*, vol. 8, no. 8, 146-153.
17. Über die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. *Die Naturwissenschaften*, vol. 8, no. 18, 349. Supplementary remarks to item 15.
18. Die Einsteinsche Raumlehre. *Die Umschau*, vol. 24, no. 25, 402-405.

1921

19. Über die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. *Zeitschrift für Physik*, vol. 4, no. 3, 448-450.
20. Erwiderung auf H. Dinglers Kritik an der Relativitätstheorie. *Physikalische Zeitschrift*, vol. 22, 379-384.
21. Bericht über eine Axiomatik der Einsteinschen Raum-Zeit-Lehre. *Physikalische Zeitschrift*, vol. 22, 683-687. Address at the German Congress of Physics in Jena, 1921.
22. Erwiderung auf Herrn Th. Wulfs Einwände gegen die allgemeine Relativitätstheorie. *Astronomische Nachrichten*, vol. 213, 307-310.
23. Die Einsteinsche Bewegungslehre. *Die Umschau*, vol. 25, no. 35, 501-505.
24. Entgegnung. *Die Umschau*, no. 12; vol. 25, no. 46, 684-685. Answer to Oskar Kraus.
25. Der gegenwärtige Stand der Relativitätsdiskussion. *Logos, Internationale Zeitschrift für Philosophie der Kultur*, vol. 10, no. 3, 316-378. For English translation see item 194.

1922

26. La signification philosophique de la théorie de la relativité. Translated by Léon Bloch. *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger*, Quarante-septième Année, vol. 94, 5-61.
27. Relativitätstheorie und absolute Transportzeit. *Zeitschrift für Physik*, vol. 9, nos. 1-2, 111-117.
28. Erwiderung auf Herrn Andersons Einwände gegen die allgemeine Relativitätstheorie. *Astronomische Nachrichten*, vol. 213, 373-376.
29. Die Relativitätstheorie in der Streichholzschachtel. *Neue Züricher Zeitung*, April 29, 1922.
30. Der Nobelpreis für Einstein. *Neue Züricher Zeitung*, Nov. 22, 1922.

1924

31. AXIOMATIK DER RELATIVISCHEN RAUM-ZEIT-LEHRE. Vol 72 of the series *Die Wissenschaft*. Vieweg, Braunschweig. *161*.
32. WAS IST RADIO? Vol. 1 of the series *Die Radio-Reihe*, ed. by Hans Reichenbach. Richard Carl Schmidt, Berlin. *95*. Appeared also in Verlag die Zein, Max Kahn, Stuttgart, in a paper-bound edition.
33. Die Bewegungslehre by Newton, Leibniz und Huyghens. *Kantstudien*, vol. 29, 416-438. For English translation see item 194.
34. Entgegnung. *Annalen der Philosophie*, vol. 4, nos. 4-5, 195-198. Answer to O. Brühlmann.
35. Radiotechnik und Kultur. *Radio-Umschau*, no. 14, May 18, 1924, 372-375.
36. Eine neue Erfindung in der astronomischen Messtechnik. *Neue Züricher Zeitung*, Aug. 6, 1924.
37. Die relativistische Zeitlehre. *Scientia*, Dec. 1924, 361-374.
38. Bernouillisches Theorem; diskret; Erwartung, mathematische; Ergoden-hypothese; Fehlertheorie; Gesetz der grossen Zahlen; Intramolekularbewegung; Liouvillescher Satz; Loschmidtsche Zahl pro Mol; Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung; Mittel; Molare Unordnung; Statistisches Gleichgewicht; Stirlingsche Formel; Stosszahlansatz; Umkehreinwand; Unabhängige Ereignisse; Wahrscheinlichkeit; Wahrschenlichkeitsnachwirkung; Wahrscheinlichkeitsrechnung; Zufall. *Physikalisches Handwörterbuch*, ed. by Berliner-Scheel, Springer, Berlin, 1924.

1925

39. Die Kausalstruktur der Welt und der Unterschied von Vergangenheit und Zukunft. *Bayerische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte*, Nov. 1925, 133-175.
40. Planetenuhr und Einsteinsche Gleichzeitigkeit. *Zeitschrift für Physik*, vol. 33, no. 8, 628-634.
41. Über die physikalischen Konsequenzen der relativistischen Axiomatik. *Zeitschrift für Physik*, vol. 34, no. 1, 32-48.
42. Wahrscheinlichkeitsgesetze und Kausalgesetze. *Die Umschau*, vol. 29, no. 40, 789-792.
43. Metaphysik und Naturwissenschaft. *Symposion*, vol. 1, no. 2, 158-176.

1926

44. Erwiderung auf eine Veröffentlichung von Herrn Hj. Mellin. *Zeitschrift für Physik*, vol. 39, nos. 2-3, 106-112.
45. Ein offener Brief an die Funkstunde A. G., Berlin. *Radio-Umschau*, vol. 3, no. 4, 49-51.
46. Die Probleme der modernen Physik. *Die Neue Rundschau*, no. 4, 414-425.
47. Ist die Relativitätstheorie widerlegt? *Die Umschau*, vol. 30, no. 17, 325-328.
48. Die Auswirkung der Einsteinschen Lehre. *Kunstwart*, Oct. 1926, 35-39.
49. Tycho Brahes Sextanten. *Hamburger Fremdenblatt*, Dec. 18, 1926.

1927

50. Von Kopernikus bis Einstein. Ullstein, Berlin. For Czechoslovakian translation see item 57; for English translation see item 140.
51. Lichtgeschwindigkeit und Gleichzeitigkeit. *Annalen der Philosophie*, vol. 6, no. 4, 128-144.
52. Die Umgestaltung des naturwissenschaftlichen Weltbildes. Atomtheorie-Relativitätstheorie. *Exakte Naturwissenschaften, Sammelband der Lessing Hochschule*, vol. 2, no. 17, 247-272.
53. Ein neues Atommodell. *Die Umschau*, vol. 31, no. 15, 281-284.
54. Erinnerungen an Svante Arrhenius. *Berliner Tageblatt*, Oct. 5, 1927.
55. Grundsteinlegung für das Haus der Chemie. Marcellin Berthelots Werk. *Berliner Tageblatt*, Oct. 22, 1927.

1928

56. Philosophie der raum-zeit-lehre. Walter de Gruyter, Berlin und Leipzig. *380*. For English translation see item 189.
57. Od Kobernika k Einsteinovi. Prelozil R. Kopecky. Nakladatelství Volné Myslenky, Prague. *134*. Czechoslovakian translation of item 50. Exists also in paperbound edition.
58. Wandlungen im physikalischen Weltbild. *Zeitschrift für angewandte Chemie*, vol. 41, no. 14, 347-352.
59. Philosophie der Naturwissenschaften. *Vossische Zeitung*, Jan. 3, 1928.
60. Zum Tode von H. A. Lorentz. *Berliner Tageblatt*, Febr. 6, 1928.
61. Denker der Zeit. Bertrand Russell. *Vossische Zeitung*, Febr. 12, 1928.
62. Raum und Zeit. Von Kant zu Einstein. *Vossische Zeitung*, April 3, 1928.
63. Kausalität oder Wahrscheinlichkeit. *Vossische Zeitung*, July 18, 1928.
64. Die Weltanschauung der exakten Wissenschaften. *Die Böttcher Strasse*, Bremen, Nov. 1928, 44-46.

1929

65. Ziele und Wege der physikalischen Erkenntnis. *Handbuch der Physik*, vol. 4, Allgemeine Grundlagen der Physik. Springer, Berlin, 1-80.
66. Was ist radio? With Fritz Noack. vol. 1 of the series *Die Radio-Reihe*, ed. by Hans Reichenbach. Richard Carl Schmidt, Berlin, *168*. Second enlarged edition of item 32.

67. Stetige Wahrscheinlichkeitsfolgen. *Zeitschrift für Physik*, vol. 53, nos. 3-4, 274-307.
68. Zür Einordnung des neuen Einsteinschen Ansatzes über Gravitation und Elektrizität. *Zeitschrift für Physik*, vol. 59, nos. 9-10, 683-689.
69. Die neue Theorie Einsteins über die Verschmelzung von Gravitation und Elektrizität. *Zeitschrift für angewandte Chemie*, vol. 42, no. 5, 121-123.
70. Das Kausalproblem in der gegenwärtigen Physik. *Zeitschrift für angewandte* Chemie, vol. 42, no. 19, 457-459.
71. Neuere Forschungsergebnisse in der Naturphilosophie. *Forschungen und Fortschritte*, Nachrichtenblatt der deutschen Wissenschaft und Technik, vol. 5, no. 16, 185.
72. Bertrand Russell. *Obelisk Almanach*, Drei Masken Verlag, Berlin und München, 82-92.
73. Einsteins neue Theorie. *Vossische Zeitung*, Jan. 25, 1929.
74. Neue Wege der Wissenschaft. Physikalische Forschung. *Vossische Zeitung* March 31, 1929.
75. Crise de la causalité. *Documents*, Paris, May 1929, 105-108.
76. Neue Wege der Wissenschaft. Philosophische Forschung. *Vossische Zeitung*, June 16, 1929.
77. Neue Wege der Wissenschaft. Mathematische Forschung. *Vossische Zeitung*, Aug. 18, 1929.
78. Die neue Naturphilosophie. *Deutsche Allgemeine Zeitung*, Oct. 13, 1929.

1930

79. Atom und kosmos. Das physikalische weltbild der gegenwart. Deutsche Buch-Gemeinschaft, Berlin. *324*. The book is an outgrowth of lectures broadcasted in Berlin during the winter of 1929-30. For English translation see item 95. For American edition see item 103. For Spanish translation see item 87. For French translation see item 109. For Hungarian translation see item 127.
80. Die philosophische Bedeutung der modernen Physik. *Erkenntnis*, vol. 1, no. 1, 49-71.
81. Kausalität und Wahrscheinlichkeit. *Erkenntis*, vol. 1, nos. 2-4 *(Annalen der Philosophie*, vol. 9), 158-188. For English translation of Part III see item 194.
82. Tagung für Erkenntnislehre der exakten Wissenschaften in Königsberg. *Die Naturwissenschaften*, vol. 18, no. 50, 1093-1094.
83. Die exakten Naturwissenschaften. *Die Literarische Welt*, no. 38, 3.
84. Probleme und Denkweisen der gegenwärtigen Physik. *Deutsche Rundschau*, July-Aug., 1930, 37-44, 131-141.
85. Johannes Kepler. Zur dreihundertsten Wiederkehr seines Todestages. *Die Woche*, Nov. 1930, 1329-1330.

1931

86. Ziele und wege der hestigen naturphilosophie. Félix Meiner, Leipgiz. *64*. For French translation see item 96. For English translation see item 194.
87. Atomo y cosmos. Concepción física actual del Universo. Traducción del alemán por J. Cabrera. Revista de Occidente, Madrid. *263*. Spanish translation of item 79.

88. Das Kausalproblem in der Physik. *Die Naturwissenschaften*, vol. 19, no. 34, 713-722.
89. Schlussbemerkung (zur Diskussion v. Aster-Vogel-Dingler). *Erkenntnis*, vol. 2 *(Annalender Philosophie*, vol. 10), 39-41.
90. Zum Anschaulichkeitsproblem der Geometrie. *Erkenntnis*, vol. 2, no. 1 *(Annalen der Philosophie*, vol. 10), 61-72.
91. Der physikalische Wahrheitsbegriff. *Erkenntnis*, vol. 2, nos. 2-3 *(Annalen der Philosophie*, vol. 10), 156-171.
92. Bemerkungen zum Wahrscheinlichkeitsproblem. *Erkenntnis*, vol. 2, nos. 5-6 *(Annalen der Philosophie*, vol. 10), 365-368.
93. Hundert gegen Einstein. *Vossische Zeitung*, Febr. 24, 1931.
94. Naturwissenschaft und Philosophie. *Frankfurter Zeitung*, April 29, vol. 75, no. 314.

1932

95. ATOM AND COSMOS. THE WORLD OF MODERN PHYSICS. English translation by Edward S. Allen. George Allen & Unwin, London. *300.* This is an English translation of item 79, revised and brought up to date in collaboration with the author.
96. LA PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE, VUES NOUVELLES SUR SES BUTS ET SES MÉTHODES. Traduction du Général Ernest Vouillemin. *Actualités Scientifiques et Industrielles*, vol. 49, *43.* French translation of item 86.
97. Die Kausalbehauptung und die Möglichkeit ihrer empirischen Nachprüfung. *Erkenntnis*, vol. 3, no. 1 *(Annalen der Philosophie*, vol. 11), 32-64. Schlussbemerkung, 71-72. This paper was written in 1923 but could not be published at this time due to adverse circumstances. For English translation see item 194.
98. Kausalität und Wahrscheinlichkeit in der Biologie. *Klinische Wochenschrift*, vol. 2, no. 6, 251-253.
99. Axiomatik der Wahrscheinlichkeitsrechnung. *Mathematische Zeitschrift*, vol. 34, no. 4, 568-619.
100. WAHRSCHEINLICHKEITSLOGIK. de Gruyter, Berlin. *15.* Sonderdruck, *Preussische Akademie der Wissenschaften, Phys.-Math. Klasse, Sitzungsberichte*, vol. 29, 476-490.
101. Ist der menschliche Geist wandelbar? *Die Woche*, Jan. 9, 1932, 39-40.
102. Kant und die moderne Naturwissenschaft. Naturwissenschaftliche Berichte. *Frankfurter Zeitung*, Aug. 23, vol. 77, nos. 626-627, 2-3.

1933

103. ATOM AND COSMOS. THE WORLD OF MODERN PHYSICS Translated and revised in collaboration with the author by Edward S. Allen. The Macmillan Company, New York. American edition of item 95. Chapter 18 reprinted in BASIC PROBLEMS OF PHILOSOPHY. Selected Readings with Introductions by D. J. Bronstein, Y. H. Krikorian, P. P. Wiener. Prentice Hall, New York, 1947, 343-353, and second edition, 1955, 270-276. For second American edition see item 188.
104. Kausalität und Wahrscheinlichkeit in der gegenwärtigen Physik. *Unterrichtsbläter für Mathematik und Naturwissenschaften*, vol. 39, no. 3, 65-69.
105. Die logischen Grundlagen des Wahrscheinlichkeitsbegriffs. *Erkenntnis*, vol. 3,

nos. 4-6 *(Annalen der Philosophie,* vol. 11), 401-425. For English translation see item 159.

106. Vom Bau der Welt. *Die Neue Rundschau,* July-Aug., 1933, 39-60, 235-250.

107. Kant und die Naturwissenschaft. *Die Naturwissenschaften,* vol. 21, no. 33, 601-606; no. 34, 624-626.

108. (Review of) Rudolf Carnap: Der logische Aufbau der Welt. *Kantstudien,* vol. 38, 199-201.

1934

109. ATOME ET COSMOS. LE MONDE DE LA PHYSIQUE MODERNE. Traduit par Maurice Lecat. *Bibliothèque de Philosophie scientifique.* Flammarion, Paris. *284.* French translation of item 79.

110. Wahrscheinlichkeitslogik. *Erkenntnis,* vol. 5, nos. 1-3 *(Annalen der Philosophie,* vol. 13), 37-43.

111. Sur les fondements logiques de la probabilité. *Recherches philosophiques,* vol. 4, 1934-1935, 361-370.

1935

112. WAHRSCHEINLICHKEITSLEHRE. EINE UNTERSUCHUNG ÜBER DIE LOGISCHEN UND MATHEMATISCHEN GRUNDLAGEN DER WAHRSCHEINLICHKEITSRECHNUNG. A. W. Sijthoff's Uitgeversmaatschappij N. V., Leiden. *451.* For English edition see item 153.

113. Bemerkung zu H. Blumes finiter Vahrscheinlichkeitsrechnung. *Zeitschrift für Physik,* vol. 93, 792-794.

114. Zur Induktions-Maschine. *Erkenntnis,* vol. 5 *(Annalen der Philosophie,* vol. 13), 172-173.

115. Metaphysik bei Jordan? *Erkenntnis,* vol. 5 *(Annalen der Philosophie,* vol. 13), 178-179.

116. Bemerkungen zu Carl Hempels Versuch einer finitistischen Deutung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs. *Erkenntnis,* vol. 5, no. 4 *(Annalen der Philosophie,* vol. 13), 261-266.

117. Über Induktion und Wahrscheinlichkeit. Bemerkungen zu Karl Poppers Logik der Forschung. *Erkenntnis,* vol. 5, no. 4 *(Annalen der Philosophie,* vol. 13), 267-284.

118. Bemerkungen zu Karl Marbes statistischen Untersuchungen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung. *Erkenntnis,* vol. 5, no. 5 *(Annalen der Philosophie,* vol. 13), 305-322.

1936

119. Die Bedeutung des Wahrscheinlichkeitsbegriffes für die Erkenntnis. *Actes du huitième Congrès International de Philosophie à Prague, 2-7 Septembre, 1934,* Prague, 1936, 163-169.

120. Ansprache bei der Begrüssungssitzung des Pariser Kongresses. *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique.* Paris, 1935, vol. 1, 16-18. Published 1936.

121. L'empirism logistique et la désagrégation de l'*a priori. Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique.* Paris, 1935, vol. 1, 28-35. Published 1936.

122. Die Induktion als Methode der wissenschaftlichen Erkenntnis. *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique.* Paris, 1935, vol. 4, 1-7. Published 1936.
123. Wahrscheinlichkeitslogik als Form wissenschaftlichen Denkens. *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique.* Paris, 1935, vol. 4, 24-30. Published 1936.
124. Logistic empiricism in Germany and the present state of its problems. *The Journal of Philosophy,* vol. 33, no. 6, 141-160.
125. Warum ist die Anwendung der Induktionsregel für uns notwendige Bedingung von Voraussagen? *Erkenntnis,* vol. 6, no. 1 *(Annalen der Philosophie,* vol. 14), 32-40.
126. Induction and probability. *Philosophy of Science,* vol. 3, 124-126.

1937

127. ATOM ÉS VILÁGEGYETEM. A JELENKOR FIZIKAI VILÁGKÉPE. Fordította Náray-Szabó István. Franklin-Társulat, Budapest. *206.* Hungarian translation of item 79.
128. Les fondements logiques du calcul des probabilités. Extrait des *Annales de l'Institut Henri Poincaré,* tome 7, fascicule 5, 267-348. Lectures given at the Institut Henri Poincaré, May-June 1937.
129. Causalité et induction. *Bulletin de la Société Française de Philosophie,* vol. 37, no. 4, 127-159. Lecture given at la Société Française de Philosophie, Paris, June 5, 1937.
130. La philosophie scientifique: une esquisse de ses traits principaux. *Travaux du IXe Congrès International de Philosophie,* Paris 1937, vol. 4, 86-91.

1938

131. EXPERIENCE AND PREDICTION. AN ANALYSIS OF THE FOUNDATIONS AND THE STRUCTURE OF KNOWLEDGE. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, *410.*
132. On probability and induction. *Philosophy of Science,* vol. 5, no. 1, 21-45.
133. (Reply to Everett J. Nelson's criticism under) Comments and Criticisms. *The Journal of Philosophy,* vol. 35, no. 5, 127-130.

1939

134. Dewey'stheory of science. THE PHILOSOPHY OF JOHN DEWEY. Ed. by. P. Schilpp. The Library of Living Philosophers, Inc., Evanston, Illinois, vol. 1, 159-192.
135. Über die semantische und die Objektauffassung von Wahrscheinlichkeitsausdrücken. *Journal of Unified Science (Erkenntnis),* vol. 8, 50-68.
136. Bemerkungen zur Hypothesenwahrscheinlichkeit. *Journal of Unified Science (Erkenntnis),* vol. 8, no. 4, 256-260.

1940

137. On the justification of induction. *The Journal of Philosophy,* vol. 37, no. 4, 97-103. Reprinted in READINGS IN PHILOSOPHICAL ANALYSIS. Selected and

edited by Herbert Feigl and Wilfried Sellars, Appleton-Century-Crofts, New York, 1949, 324-329.

138. On meaning. *The Journal of Unified Science (Erkenntnis)*, vol. 9, 134-135.

1941

139. Note on probability implication. *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 47, no. 4, 265-267.

1942

140. FROM COPERNICUS TO EINSTEIN. Translated by Ralph B. Winn. Philosophical Library, New York. *123.* English translation of item 50; for later printing see item 189.

1944

141. PHILOSOPHIC FOUNDATIONS OF QUANTUM MECHANICS. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. *182.* For German translation see item 154. For Italian translation see item 179.

142. Bertrand Russell's logic. THE PHILOSOPHY OF BERTRAND RUSSELL. Ed. by P. Schilpp. The Library of Living Philosophers, Inc., Evanston, Illinois, vol. 5, 23-54.

1945

143. Reply to Donald C. Williams' criticism of the frequency theory of probability. *Philosophy and Phenomenological Research*, vol. 5, no. 4, 508-512.

1946

144. Reply to V. F. Lenzen's Critique. *Philosophy and Phenomenological Research*, vol. 6, no. 3, 487-492.

145. Reply to Ernest Nagel's criticism of my views on quantum mechanics. *The Journal of Philosophy*, vol. 43, no. 9, 239-247.

1947

146. ELEMENTS SYMBOLIC LOGIC. The Macmillan Company, New York, *444.*

147. Philosophy: Speculation or science? *The Nation*, vol. 164, no. 1, Jan. 4, 1947, 19-22. Reprinted under the title "The nature of a question" in THE LANGUAGE OF WISDOM AND FOLLY. Edited by Irving I. Lee, Harper & Brothers Publishers, New York, 1949.

148. The scientist and society. (Review of) EINSTEIN: HIS LIFE AND TIMES, by Philipp Frank. *The Nation*, March 15, 1947, 306-307.

1948

149. Rationalism and empiricism: an inquiry into the roots of philosophical error. *The Philosophical Review*, vol. 57, no. 4, 330-346. Presidential address

delivered before the Twenty-first Annual Meeting of the Pacific Division of the American Philosophical Association at the University of California at Los Angeles, Dec. 30, 1947. Reprinted in item 194.

150. PHILOSOPHY AND PHYSICS. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. *13.* Faculty Research Lecture, University of California, Los Angeles, delivered March 25, 1946.

151. Reply to a review. *The Journal of Philosophy*, vol. 45, no. 17, 464-467.

152. The principle of anomaly in quantum mechanics. *Dialectica*, vol. 2, nos. 3-4, 337-350. Reprinted in READINGS IN THE PHILOSOPHY OF SCIENCE. Herbert Feigl and May Brodbeck editors. Appleton-Century-Crofts, New York, 1953, 509-520.

1949

153. THE THEORY AND PROBABILITY. AN INQUIRY INTO THE LOGICAL AND MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF THE CALCULUS OF PROBABILITY. English translation by Ernest H. Hutten and Maria Reichenbach. Second edition. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, *492.* English translation and revised edition of item 112.

154. PHILOSOPHISCHE GRUNDLAGEN DER QUANTENMECHANIK. Ins Deutsche übersetzt von Maria Reichenbach. Birkhäuser, Basel. *198.* German translation of item 141.

155. The philosophical significance of the theory of relativity. ALBERT EINSTEIN: PHILOSOPHER-SCIENTIST, ed. by P. Schilpp. The Library of Living Philosophers, Inc. Evanston, Illinois, vol. 7, 287-311. Reprinted in READINGS IN THE PHILOSOPHY OF SCIENCE. Herbert Feigl and May Brodbeck editors, Appleton-Century-Crofts, New York, 1953, 195-211, and in READINGS IN PHILOSOPHY OF SCIENCE. Arranged and edited by Philip P. Wiener. Charles Scribner's Sons, New York, 1953, 59-76. For German translation see item 184.

156. Philosophical foundations of probability. PROCEEDINGS OF THE BERKELEY SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL STATISTICS AND PROBABILITY. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1-20.

157. The philosophical analysis of quantum mechanics. *Library of the 10th International Congress of Philosophy* (Amsterdam, Aug. 11-18, 1948), vol. 1, 921-922.

158. A conversation between Bertrand Russell and David Hume. *The Journal of Philosophy*, vol. 46, no. 17, 545-549.

159. The logical foundations of the concept of probability. Translated by Maria Reichenbach. READINGS IN PHILOSOPHICAL ANALYSIS Selected and edited by Herbert Feigl and Wilfried Sellars. Appleton-Century-Crofts, New York. 305-323. English translation of item 105 with added footnotes. Reprinted in READINGS IN THE PHILOSOPHY OF SCIENCE. Herbert Feigl and May Brodbeck editors. Appleton-Century-Crofts, New York, 1953, 456-474.

1950

160. On the theory of probability. In Felix Kaufmann: A Memorial. *12th Street*, vol. 3, no. 2, 11-12.

1951

161. THE RISE OF SCIENTIFIC PHILOSOPHY. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. *333.* Second printing 1954. Third printing 1956 (First paper-bound edition). Chapter 14 reprinted in CONTEMPORARY PHILOSOPHY, A BOOK OF READINGS, edited by James L. Jarret and Sterling M. McMurrin. Henry Holt, New York, 366-376. For Book Find Club edition see item 162. For German translation see item 172. For French translation see item 183. For Spanish translation see item 173. For Swedish translation see item 187. For Italian translation see item 193. For Japanese translation see item 192.
162. Why I wrote THE RISE OF SCIENTIFIC PHILISOPHY. On the jacket of the Book Find Club edition of item 161. Also printed in Book Find News, no. 102, George Braziller editor, the Book Find Club, New York.
163. The verifiability theory of meaning. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences,* vol. 80, no. 1, 46-60. This paper was presented at the National Conference of the Institute for the Unity of Science, Boston, Mass., April 1950. Reprinted in READINGS IN THE PHILOSOPHY OF SCIENCE, Herbert Feigl and May Brodbeck editors, Appleton-Century-Crofts, New York, 1953, 93-102.
164. Probability methods in social science. THE POLICY SCIENCES. RECENT DEVELOPMENTS IN SCOPE AND METHOD. Ed. by Daniel Lerner and Harold D. Lasswell. Stanford University Press, Stanford, California, 121-128.
165. Über die erkenntnistheoretische Problemlage und den Gebrauch einer dreiwertigen Logik in der Quantenmechanik. *Zeitschrift für Naturforschung,* Tübingen, vol. 6a, no. 11, 569-575.
166. On observing and perceiving. *Philosophical Studies,* vol. 2, no. 6, 92-93.
167. Foreword. Catalogue No. 130, May 1951, Zeitlin & Ver Brugge, Los Angeles, California.
168. The value of old books. *Antiquarian Bookman,* July 7, 1951, 2.

1952

169. Are phenomenal reports absolutely certain? *The Philosophical Review,* vol. 61, no 2, 147-159. Paper read at the 48th annual meeting of the Eastern Division of the American Philosophical Association at Bryn Mawr College, Bryn Mawr, Pa., Dec. 29, 1951.
170. The syllogism revised. *Philosophy of Science,* vol. 19, no. 1, 1-16.
171. Logical empiricism. Philosophy: Summaries of a Series of Meetings, *The Humanists,* Los Angeles, California, 7-10.

1953

172. DER AUFSTIEG DER WISSENSCHAFTLICHEN PHILOSOPHIE. Deutsche Übertragung von Maria Reichenbach. F. A. Herbig, Berlin-Grunewald. *370.* German translation of item *161.*
173. LA FILOSOFÍA CIENTÍFICA. Traducción de Horacio Flores Sánchez. Fondo de Cultura Económica, México-Buenos Aires. *298.* Spanish translation of item *161.*
174. Les fondements logiques de la mécanique des quanta. Extraits des *Annales de*

l'Institut Henri Poincaré, tome XIII, fascicule II, 109-158. Four lectures given at the Institut Henri Poincaré, June 4, 5, 6, 7, 1952.

175. La signification philosophique du dualisme ondes-corpuscules. Traduit de l'anglais par Olivier Costa de Beauregard (Institut Henri Poincaré). LOUIS DE BROGLIE, PHYSICIEN ET PENSEUR. Editions Albin Michel, Paris, 117-134.

1954

176. NOMOLOGICAL STATEMENTS AND ADMISSIBLE OPERATIONS. *Studies in logic and the foundations of mathematics,* North-Holland Publishing Company, Amsterdam, *140.*

177. Les fondements logiques de la théorie des quanta. Utilization d'une logique à trois valeurs. *Collection de logique mathématique,* Série A, vol. 5. *Applications scientifiques de la logique mathématique,* Acte du 2e Colloque International de Logique Mathématique, Paris, 25-30 Août, 1952, Institut Henri Poincaré, 103-114 (including discussion).

178. (Discussion of) Jean-Louis Destouches, La logique et les théories physiques. *Collection de logique mathématique,* Série A, vol. 5. *Applications scientifiques de la logique mathématique,* Acte du 2e Colloque International de Logique Mathématique, Paris, 25-30 Août, 1952, Institut Henri Poincaré, 126.

179. I FONDAMENTI FILOSOFICI DELLA MECANICA QUANTITISTA. Transl. by Alfonso Caracciolo di Forino. Edizioni Scientifiche Einaudi, Torino. *307.* Italian translation of item 141.

180. Exposé introductif: Remarques sur l'pplication de la méthode inductive dans la physique. *Collection de logique mathématique,* Serie A, vol. 5. *Applications scientifiques de la logique mathématique,* Acte du 2e Colloque International de Logique Mathématique, Paris, 25-30 Août, 1952, Institut Henri Poincaré, 163-172 (including discussion).

181. ÜBER DIE MATERIE. Daigakusyorin Verlag, Tokyo. *89.* Reprint of chapters 10, 11, 12, 13, 14, and 15 of item 79.

182. The emotive significance of time. *Idea and Experiment,* vol. 4, no. 1, 3-9. This is a prepublication and condensation of the first chapter of item 184 prepared by the editors of the magazine.

1955

183. L'AVÈNEMENT DE LA PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE. Traduit par Mme. G. Weill. Flammarion, Paris. *282.* French translation of item 161.

184. Die philosophische Bedeutung der Relativitätstheorie. Deutsche Übersetzung von Hans Hartmann. ALBERT EINSTEIN ALS PHILOSOPH UND NATURFORSCHER. Herausgegeben von P. Schilpp. W. Kohlhammer, Stuttgart, 188-207. German translation of item 155.

1956

185. THE DIRECTION OF TIME. Edited by Maria Reichenbach. University of California Press, Berkeley and Los Angeles. *280.* For Spanish translation see item 191.

186. Can operators reach through quotes? *Philosophical Studies,* vol. 7, no. 3, 33-36.

1957

187. DEN VETENSKAPLIGA FILOSOFIN, DESS APPKOMST OCH UTVECKLING. Till svenska av Erland Radberg. Natur och Kultur, Stockholm. *254.* Swedish translation of item 161.

188. ATOM AND COSMOS. THE WORLD OF MODERN PHYSICS. Translated by Edward S. Allen. George Braziller, New York. Book Find Club selection in 1957. This is a new American edition, same printing as item 95. Item 103 is out of print.

189. FROM COPERNICUS TO EINSTEIN. Translated by Ralph B. Winn. *The Wisdom Library,* Philosophical Library, New York, *93.* New printing of item 140, paper-bound.

1958

190. THE PHILOSOPHY OF SPACE AND TIME. Translated by Maria Reichenbach and John Freund. Dover Publications, Inc., New York. *295.* English translation of item 56.

191. Spanish translation of item 185. Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, Torre de Humanidades, Ciudad Universitaria, México. In Press.

192. Japanese translation of item 161. Misuzu Shobo, Tokyo.

193. LA NASCITA DELLA FILOSOFIA SCIENTIFICA. Translated by Alberto Pasquinelli. Il Mulino, Bologna. Italian translation of item 161.

194. MODERN PHILOSOPHY OF SCIENCE: Selected Essays. Routledge & Kegan Paul, London. Edited and translated by Maria Reichenbach. Contents: 1. The present state of the discussion on relativity. English translation of item 25. 2. The theory of motion according to Newton, Leibniz, and Huyghens. English translation of item 33. 3. Causality and probability. English translation of part III of item 81. 4. Aims and methods of modern philosophy of nature. English translation of item 86. 5. The principle of causality and the possibility of its empirical confirmation. English translation of item 97. 6. Rationalism and empiricism. Reprint of item 149. 7. The freedom of the will. Posthumous paper. 8. On the explication of ethical utterances. Posthumous paper.

195. The University of California Press is negotiating with Editoras Unidas, Ltda., Editora Classico-Cientifica, São Paulo, Brazil, concerning a Portuguese translation of item 161, and with Ksiazka i Wiedza, Warsaw, Poland, concerning a Polish translation of item 161.

Indice de conceptos y onomástico

A

Absoluto:
  espacio, 65-66.
  movimiento, 65-66.
  tiempo, 65-66.
Acción, 190.
  libre, 198, 202.
  neutral, 212.
  no libre, 202, 229.
  por contacto, 112, 138.
Adecuación, 109.
Adición:
  algebraica, 19.
  de velocidades, 19.
Adler, F., 27, 35.
Afirmación:
  admisible, 205.
  convergente, 121.
  en el sentido más amplio, 205.
  nomológica derivada, 205.
  nomológica en el sentido más estricto, 205.
  nomológica original, 205.
Analítico, 91, 171.
A priori, 18, 37, 47, 89, 105, 110, 115, 121, 125, 129, 148, 157, 171.
  intuición, 155.
Aproximación, 143, 159.
Aristóteles, 123, 167, 169, 171.
Automática:
  de la filosofía, 105.
  de los problemas, 105.
Avenario, 127.
Axiomatización, 58.
Azar, juegos de, 87, 95, 117.

B

Bacon, F., 171.
Bloch, W., 15, 32.
Boltzmam, L., 89, 117.
Bolyai, J., 48, 114, 173, 179.
Boller, K., 39.
Born, M., 15.
Bouwar, L. E. J., 124.

C

Campo, 138.
Carnap, R., 127, 128.
Cassirer, E., 29, 40, 48, 51, 53, 73.
Casos equiponibles, 88.
Casos equiprobables, 88, 92.
Categoría de referencia, 196.
Causales:
  cadenas, 115.
  leyes, 90.
Causalidad, 68.
  principio inductivo de, 136.
Certeza, 40.
Científico:
  filosofía, 101.
  método, 103, 180.
Cinética de los gases:
  teoría, 89, 95, 117.
Clarke, S., 68.
Cleptomanía, 185.
Codefinición, 195.
Concepto, 103.
Conceptualización, 52.
Confidencia inductiva, 200.
Conocimiento matemático, 178.
Consistencia, 125.
Constante, 142.
Continuidad, 152.
Continuo, 137.
Convencionalismo, 45, 50, 58, 96, 158.
Coordenadas de espacio y tiempo, 150.
  campo, 150.
Copérnico, N., 127.
Cornelio, H., 127.
Coutnot, A., 119.
Creencia racional, 172.
Cuasi-reflexivo, 233.

D

Darwin, 107.
Dato, 176.
Datos de los sentidos, 127.
Decisiones volitivas, 180.
Deducción, 192.

DEFINICIÓN, 56.
contextual, 127.
coordenadora, 173.
implícita, 51.
DESCANSO, 84.
DESCARTES, R., 69.
DESCRIPCIÓN:
industria, 137, 150, 151, 161.
reproducción, 137, 150, 151, 161.
última, 188, 189.
DETERMINISMO, 92, 103, 184, 186, 230.
DINÁMICA DE LA RELATIVIDAD, 84, 85.
DINGLER, H., 27, 33, 53.
DIRECTRICES MORALES, 179.
DRIESCH, H., 109, 110.

E

EBRENFEST, P., 46.
EFECTO DOPPLER, 17.
EMPIRISMO, 53, 129, 165.
británico, 171.
ENERGÍA:
cinética, 32.
de un sistema cerrado, 32.
ENTELEQUIA, 109.
ESCÉPTICOS, 171.
ESPACIO, 112.
absoluto, 24.
no euclídeo, 35.
principio de relatividad del, 20.
teoría de Newton del, 169.
ESTADISTICALISMO, 231.
ÉTER, 46, 49.
EUCLIDES, 114, 178.
EUTROPÍA, 117, 118.
EXPERIMENTO DE MICHELSON, 17, 33, 35, 46.
EXPLICACIÓN, 98.
teológica, 109.
EXTRACIENTÍFICO, 97.
EXTRALÓGICO, 180.

F

FICCIÓN, 15, 55.
FILOSOFÍA DEL "COMO SI", 15, 52.
FILOSOFÍA GRIEGA, 167.
FIZEAU, A., 33, 35, 46.
FORMA DE LA INTUICIÓN, 113.
FORMALIZACIÓN, 125.
FÓRMULAS DE TRANSFORMACIÓN, 29.
FUERZA, 65, 67, 75.
centrífuga de Coriolis, 77.
FUNCIÓN PROPORCIONAL, 124.
FUNCIÓN REGULADORA, 141.
secuencia reguladora, 145.
FLOGÍSTICA DE LA COMBUSTIÓN, TEORÍA, 97.
FREUD, S., 185.
FREUNDLICH, E., 15.

G

GALILEO, 104.
GAUSS, K., 91, 120, 173.
GENEALOGÍA, 72.
GEOMETRÍA:
axiomática, 48.
del espacio euclidiano, 35
de Rieman, 115.
euclidiana, 42, 113.
no euclídea, 42, 54, 115, 173, 178.
práctica, 48.
GESTALT, 111.
GRADO:
de compensación, 118.
de confirmación, 175.

H

HAECKEL, E., 106.
HEGEL, G. F. W., 106.
HEISENBERG, W., 93, 104, 122, 231.
HELMHOLTZ, H., 48, 52, 114.
HERÁCLITO, 28.
HILBERT, D., 48, 125.
HIPÓTESIS, 16.
HISTORIA DE LA FILOSOFÍA, 181.
HOLÍSTICAS, PROPIEDADES, 111.
HÖPFHERT, L., 23.
HUIJGHENS, C., 63.
HUME, D., 28, 48, 95, 98, 99, 154, 171, 178.

I

IDEALIDAD DEL ESPACIO Y DEL TIEMPO, 73.
IDENTIDAD DE LOS INDISCERNIBLES, 75, 80.
IMPLICACIÓN:
admisible, 205.
contraria, 212, 226.
formal, 190.
no funcional, 224.
propia, 206.
verdadera, 204.
INCONSCIENTE, 112.
INDETERMINISMO, 186, 231.
INDUCCCIÓN, 95.
justificación de la, 177.
por enumeración, 177.
INFERENCIA, 103.
empírica, 38.
inductiva, regla intensional, 155, 156, 160, 163, 171, 177.
por confirmación, 176.
INTERPRETACIÓN VOLITIVA, 233.
INTUICIÓN PURA, 37, 50, 102.
INTUICIONISMO, 124.
INVARIABILIDAD, PRINCIPIO DE, 208, 219.

J

Jónicos, 106.
Justificación de una función, 144.
de la inducción, 177.

K

Kant, 21, 31, 34, 53, 69, 77, 104, 107, 113, 123, 155, 157, 167, 173, 184.
concepto kantiano de objetos, 43.
filosofía de, 168.
Kirchnoff, R., 28.
Köhler, W., 111.
Kopff, A., 15.
Korteweg, J., 83.
Kraus, O., 17.
Kries, J., 88.

L

Lane, M., 15.
Lange, L., 25.
Laplace, P., 119.
Lavoisier, A., 97.
Leibnitz, G. W., 25, 64, 106.
Lenguaje-objeto, 174.
Lewin, K., 73.
Ley, 149.
de conservación de energía, 117.
de contradicción, 21, 125.
de tercio excluido, 124.
de la naturaleza, 116.
diferencial, 138.
Ley estadística, 117.
principio estadístico, 119.
Libertad:
condición, 200.
condicional de, 201.
de la voluntad, 128, 221.
Límite, 92.
afirmación, 122, 187.
Linke, P., 21.
Lipsino, F., 22.
Łobatschefskij, N., 48, 114, 173.
Locke, J., 171.
Lógica, 123.
aristotélica, 124.
bivalente, 98.
simbólica, 123, 129.
tradicional, 123.
Lorentz, H., 46.
contracción de, 17, 29, 46.
transformación de, 30.
Luz:
constancia de, 18, 30.
principio, 18, 23, 33.
profanación, 19.
velocidad, 18, 47.

M

Mach, E., 24, 47, 48, 64, 67, 76, 82, 86, 127.
Macrocosmo, 164.
Maxwell, J., 22, 89, 112.
Metalenguaje, 174.
Metamatemática, 126.
Metempsicosis, 73.
Método de aproximación sucesiva, 35.
Microcosmo, 94, 164.
Modalidad:
absoluta, 210, 226.
relativa, 210, 226.
Mora, N., 79.
Movimiento:
absoluto, 25.
concepto metafísico de, 80.
real, 80.
relativo, 75, 84.
verdadero, 80.
Mundo externo, 126.

N

Neokantismo, 36.
Neopositivismo, 127.
Newton, I., 63, 142, 144.
Nonada, 112.

O

Observación, 103.
Ontología, 180.
Operación conectiva en el sentido más estricto, 206.
en el más amplio, 205.
Orden:
de coexistencia, 71.
conceptual, 73.
genealógico, 72.
del espacio, 69.
del tiempo, 69, 116, 139.
de la verdad, 205.
Oxidación, 97.

P

Paradoja del reloj, 32.
Paradojas, 124.
Paralelismo ético - cognoscitivo, 169, 174, 179.
Parménides, 28.
Percepción, 103.
Petzold, J., 27, 43.
Plasner, H., 102.
Platón, 167.
Poincaré, H., 48, 50, 55, 88.
Posibilidad, 117, 160, 175, 186.

cálculo de, 89, 176.
funciones de, 88, 91.
genuina, 196.
grado de, 97.
implicación de, 194.
interpretación de su frecuencia, 176.
leyes de, 89, 163.
métrica, 88, 90, 95.
teoría objetiva de, 119.
teoría subjetiva de, 119.
Positivismo, 28, 50, 127.
Pseudociencia, 132.
Psicología, 111, 180.
Ptolomeo, 25, 65.
Pului, W., 15.
Punto culminante, 32.
Predictibilidad, 190.
Preformación, 109.
Presupuestos del conocimiento, 41.
Principio:
constitutivo, 54.
de causalidad, 119.
de conexión, 91.
de distribución, 91.
de indeterminación, 93, 121, 231.
de indiferencia, 175.
de razón insuficiente, 88.
Proposición, 124.
Protágoras, 29, 43.

R

Relación funcional, 137.
Relatividad:
cinegética, 25.
dinámica, 25.
Retraso de relojes, 17, 68.
Rieman, B., 38, 41, 44, 48.
Ripke-Kühn, L., 37.
Rotación, 25.
Russell, B., 139, 174, 190.

S

Schelling, F., 106.
Schlich, M., 15, 26, 31, 38, 43, 45, 50.
Schonten, S. A., 83.
Secuencia:
dada extensionalmente, 148, 156, 158.
dada intensionalmente, 148, 158.
Segunda ley de la termodinámica, 117, 118.
Sellier, E., 37, 42.
Simplicidad, 143, 151, 159.
descriptiva, 151.
inductiva, 151.
Simultaneidad, 21, 46, 56, 69.
Sincronismo, 56.
Síntesis, 105.
Sintético "a priori", 92, 167, 168, 171, 173.
juicio, 40, 44, 53, 155.
principio, 21, 113.
Sistema heliocéntrico, 179.
Sociología, 180.
Sócrates, 167, 169, 172.
Sommerfeld, A., 15.
Spinoza, B., 131, 175, 184.
Subjetividad, 31.
Substancia, 49.

T

Teoría:
cuántica, 45, 89, 122, 231.
de la evolución, 108.
de las categorías, 124.
de las ideas, 168-169.
de los errores, 88, 91, 95, 117.
Teorema de Lionville, 89.
Teoría de Newton-Euler, 39.
"Testium non datur", 174.
Thrring, H., 15, 21, 32.
Transcendente:
estética, 37.
filosofía, 38, 53.
método, 44.
Tiempo absoluto, 57, 115.

U

Último estado, 189.
Uniformidad, 39.

V

Vaihingr, H., 16, 56, 75.
Verdad sintética, 44, 173.
Vitalismo, 110.
Volición, 190.
eficiente, 201.
libre, 229.
no libre, 230.

W

Waale, Van der S., 144, 145, 148, 156.
Weltanschauung, 52.
Weyl, H., 15, 48.
Wittgnstein, L., 124.

Z

Zenón, 139.